

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

EVALUASI SISTEM STRUKTUR GEDUNG MAPOLDA JAWA TENGAH MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN

MUCHAMMAD SAIFUL KIROM
NRP. 3115 040 628

Dosen Pembimbing
NUR ACHMAD HUSIN, ST., MT.
NIP. 19720125 199802 1 001

PROGAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

EVALUASI SISTEM STRUKTUR GEDUNG MAPOLDA JAWA TENGAH MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN

MUCHAMMAD SAIFUL KIROM
NRP. 3115 040 628

Dosen Pembimbing
NUR ACHMAD HUSIN, ST., MT.
NIP. 19720125 199802 1 001

PROGAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



FINAL PROJECT - RC 146599

EVALUATION OF STRUCTURAL SYSTEM MAPOLDA OF CENTRAL JAWA BUILDING USING MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM

MUCHAMMAD SAIFUL KIROM
NRP. 3115 040 628

Supervisor
NUR ACHMAD HUSIN, ST., MT.
NIP. 19720125 199802 1 001

DIPLOMA IV
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik

Pada

Program Studi Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Mahasiswa



MUCHAMMAD SAIFUL KIROM

NRP. 3115 040 628

Disetujui oleh pembimbing tugas akhir terapan:



Dosen Pembimbing

28 JUL 2017

28/7/2017

NUR ACHMAD HUSIN, ST., MT.

NIP. 19720125 199802 1 001

EVALUASI SISTEM STRUKTUR GEDUNG MAPOLDA JAWA TENGAH MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN

Nama Mahasiswa : Muchammad Saiful Kirom
NRP : 3115040628
Jurusan : Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing : Nur Achmad Husin, ST., MT.

Abstrak

Dalam sebuah perencanaan struktur tahan gempa, pemilihan sistem struktur akan sangat berpengaruh kepada beban lateral yang mampu ditahan. Terdapat beberapa sistem struktur yang disebutkan dalam SNI 1726:2012, diantaranya adalah sistem rangka pemikul momen dan sistem ganda. Sistem rangka pemikul momen pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Kedua sistem tersebut diharapkan sama-sama mampu menahan beban lateral dari gempa jika didesain dengan baik dan sesuai peraturan. Bahkan dengan adanya dinding geser pada sistem ganda menjadikan gedung dapat memiliki simpangan lateral yang lebih rendah. Karena dalam peraturan kedua sistem struktur tersebut diijinkan untuk digunakan, maka tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui sistem manakah yang lebih efisien dalam perencanaan struktur tahan gempa.

Dalam tugas akhir ini digunakan data dari gedung MAPOLDA Jawa Tengah dengan tinggi total 36,5m menggunakan sistem ganda. Gedung ini terletak di kota Semarang dengan kondisi tanah sedang. Dari data eksisting dihitung kebutuhan material dari struktur utama balok, kolom, dan corewall. Sedangkan sebagai

pembanding, sistem struktur dimodifikasi menjadi sistem rangka pemikul momen dengan mengikuti geometri gedung dan fungsi ruang eksisting kemudian dihitung kebutuhan materialnya.

Hasil tugas akhir ini menunjukkan bahwa, gedung ini dapat memenuhi syarat perencanaan sistem rangka pemikul momen. Dengan periode terjadi 1,492 detik dan simpangan antar lantai yang aman. Namun pada segi volume material, sistem rangka pemikul momen lebih boros pada baja tulangan sebesar 13,84%. Akhirnya anggaran biaya pun mengalami kenaikan hingga Rp. 903.888.883,-.

Kata kunci : Evaluasi, Sistem Struktur, Gedung, Gempa, material, Efisien.

EVALUATION OF STRUCTURAL SYSTEM MAPOLDA OF CENTRAL JAVA BUILDING USING MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM

Name : Muchammad Saiful Kirom
NRP : 3115040628
Major : Teknik Infrastruktur Sipil
Supervisor : Nur Achmad Husin, ST., MT.

Abstract

In an earthquake resistant design structure, the selection of structural systems will make affect the lateral loads that can be retained. There are several structural systems in SNI 1726: 2012, such as moment resisting frame system and dual system. The moment resisting frame system has a complete gravity load, while the lateral load caused by the earthquake is retained by the moment resisting frame through the bending mechanism. Both of systems are expected to equally be able to retained loads from earthquakes if properly designed and in compliance with regulations. Even with the shearwall in dual systems the building can have lower lateral drift. Because in the both of the structural system is allowed to be used, so the function of this final project is to know which is system more efficient in planning of earthquake resistant structure.

In this final project used data from building of MAPOLDA of Central Java with total height 36,5m using dual system. This building is located in the city of Semarang with medium soil conditions. From the existing data is calculated material requirements of the main structure of beams, columns, and corewall. Therefor, as a comparison, the structure system is modified into a moment resisting frame system by following the

geometry of the building and the function of the existing then calculated material requirements.

The results of this final project indicate that, this building can meet the requirement of the moment resisting frame system. With a periode of 1,492 seconds and floor drift can be safe too. But in term of material volume, the moment resisting frame system is need more reinforcing steel up to 13,84%. Because of that, the budget cost increased up to 903.888.883,-.

Keyword :Evaluated, Structural System, Building, Earthquake, material, efisien.

Kata Pengantar

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir dengan judul “*Evaluasi Sistem Struktur Gedung Mapolda Jawa Tengah Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen*” sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada jurusan Diploma IV Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan proyek akhir ini, penulis mendapatkan banyak doa, bantuan, dan dukungan moral serta materiil. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua penulis yang tiada hentinya memberikan semangat dan doa.
2. Bapak Nur Achmad Husin, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang selalu bijaksana memberikan nasehat dan bimbingan serta waktunya selama penulisan.
3. Bapak Muhammad Hafiizh Imaaduddiin, ST., MT. selaku dosen wali selama kuliah di Jurusan Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil FV-ITS yang telah memberikan perhatian, bimbingan, serta kepercayaan kepada penulis.

4. Bapak dan Ibu dosen pengajar di Program Pendidikan Diploma IV Lanjut Jenjang departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS.
5. Teman-teman mahasiswa Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil FV-ITS angkatan 2015 genap yang selalu menjadi penyemangat penulis.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan proyek akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan proyek akhir ini.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, 23 Mei 2017

Penulis

Daftar Isi

Abstrak	i
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)	7
2.2 Sistem Ganda.....	20
2.2.1 Dinding geser.....	20
2.2.2 Perencanaan dinding geser	22
2.2.3 Pola keruntuhan dinding geser	24

2.3	Perbandingan SRPM dan Sistem Ganda	25
2.4	Rencana Anggaran Biaya	26
BAB III METODOLOGI		29
3.1	Umum.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Data perencanaan.....	33
4.1.1	Data dan Spesifikasi Umum Gedung.....	33
4.1.2	Data dan Spesifikasi Material Rencana	33
4.1.1	Data Tanah.....	34
4.2	Pembebanan.....	34
4.2.1	Beban mati	35
4.2.2	Beban hidup	39
4.2.3	Beban angin	40
4.2.4	Beban gempa	41
4.3	Kombinasi Pembebanan	50
4.4	Perencanaan Dimensi Struktur	52
4.4.1	Dimensi balok.....	52
4.4.2	Dimensi kolom	64
4.5	Analisa Struktur.....	69

4.5.1	Pemodelan struktur	69
4.5.2	Kontrol periode alami struktur	71
4.5.3	Kontrol gaya gempa dasar dinamis	73
4.5.4	Kontrol simpangan antar lantai.....	75
4.6	Perhitungan Elemen Struktur.....	77
4.6.1	Perhitungan elemen pelat.....	77
4.6.2	Perhitungan elemen tangga.....	85
4.6.3	Perhitungan elemen sloof	93
4.6.4	Perhitungan elemen balok anak.....	99
4.6.5	Perhitungan elemen balok induk	119
4.6.6	Perhitungan elemen kolom	139
4.6.7	Desain hubungan balok kolom	148
4.7	Perbandingan material penyusun elemen	151
4.7.1	Perhitungan volume beton	151
4.7.2	Perhitungan berat besi	153
4.7.3	Perbandingan material eksisting dan desain.....	158
4.8	Perbandingan anggaran biaya.....	159
BAB V KESIMPULAN		161
5.1	Kesimpulan.....	161

DAFTAR PUSTAKA..... 163

BIODATA PENULIS..... 164

LAMPIRAN 165

Daftar Tabel

Tabel 4.2.1 Berat finishing dinding	35
Tabel 4.2.2 Berat Finishing lantai	36
Tabel 4.2.3 Berat finishing lantai dan plafond	37
Tabel 4.2.4 Daftar kelas situs	42
Tabel 4.2.5 Parameter Fa.....	44
Tabel 4.2.6 Parameter Fv.....	44
Tabel 4.4.1 Dimensi kolom	69
Tabel 4.5.1 Simpangan lantai arah X	76
Tabel 4.5.2 Simpangan lantai arah Y	76
Tabel 4.6.1 Gaya dalam pada frame 510.....	120
Tabel 4.6.2 Hasil perhitungan tulangan balok.....	138
Tabel 4.7.1 Kebutuhan volume beton sistem ganda	152
Tabel 4.7.2 Kebutuhan volume beton srpm.....	153
Tabel 4.7.3 Kebutuhan berat tulangan sistem ganda	157
Tabel 4.8.1 Harga beton readymix	160
Tabel 4.8.2 Jumlah harga material gedung eksisting.....	160
Tabel 4.8.3 Jumlah harga material gedung srpm.....	160

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Daftar Gambar

Gambar 4.2.1 Sketsa beban lift.....	38
Gambar 4.2.2 Grafik respons spektrum.....	48
Gambar 4.6.1 Konfigurasi tulangan kolom dari SpCol	141
Gambar 4.6.2 Nilai MN kolom dari SpCol	142
Gambar 4.6.3 Nilai MN kolom atas dari SpCol	143
Gambar 4.7.1 Potongan corewall	151
Gambar 4.7.2 Detil tulangan balok G2A.....	153
Gambar 4.7.3 Perbandingan volume baja tulangan.....	158
Gambar 4.7.4 Perbandingan volume beton	159

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam sebuah perencanaan struktur tahan gempa, pemilihan sistem struktur akan sangat berpengaruh kepada beban lateral yang mampu ditahan. Terdapat beberapa sistem struktur yang disebutkan dalam SNI 1726:2012, diantaranya adalah sistem rangka pemikul momen dan sistem ganda. Sistem rangka pemikul momen pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur (SNI 1726:2012). Karena gaya lateral sepenuhnya diterima oleh rangka pemikul momen, maka dimensi balok dan kolom bisa menjadi sangat besar. Adapun alternatif sistem struktur yang lain adalah sistem ganda yang menggabungkan antara sistem rangka pemikul momen dengan dinding geser. Sistem ganda adalah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing (SNI 1726:2012). Sistem ganda memiliki 3 ciri dasar yaitu pertama adalah rangka ruang lengkap berupa SRPM

yang penting berfungsi memikul beban gravitasi, kedua adalah SRPM secara tersendiri sanggup memikul sedikitnya 25% dari beban gempa rencana, ketiga adalah dinding geser dan SRPM direncanakan untuk menahan gaya gempa secara proporsional berdasarkan kekakuan relatifnya (Purwono, 2005).

Kedua sistem tersebut diharapkan sama-sama mampu menahan beban lateral dari gempa jika didesain dengan baik dan sesuai peraturan. Bahkan dengan adanya dinding geser pada sistem ganda menjadikan gedung dapat memiliki simpangan lateral yang lebih rendah (Windah, 2011). Namun belum diketahui secara pasti apakah dalam kondisi geometri gedung tertentu maupun tinggi total gedung tertentu menjadikan sistem ganda justru menjadi lebih boros ditinjau dari material yang diperlukan. Dalam tugas akhir ini digunakan data struktur dan arsitektural Gedung Mapolda Jawa Tengah yang menggunakan sistem ganda dengan tinggi total gedung 36,5 meter sebagai studi kasus. Gedung tersebut akan dimodifikasi sistem strukturnya menjadi sistem rangka pemikul momen (SRPM) dengan tetap mengikuti denah gedung eksisting. Dari kedua hasil desain detail struktur yang ada yaitu data eksisting dan data modifikasi akan dihitung volume kebutuhan material masing-masing kemudian dihitung rencana anggaran biaya yang diperlukan. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui perbedaan rencana anggaran biaya dari gedung yang sama dengan dua sistem yang berbeda.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Apakah gedung tersebut memenuhi persyaratan Sistem Rangka Pemikul momen
2. Berapa besar perbandingan volume beton dan tulangan untuk balok dan kolom pada gedung Mapolda Jawa Tengah menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen dan Sistem Ganda (Data eksisting).
3. Berapa besar perbandingan rencana anggaran biaya (RAB) struktur gedung Mapolda Jawa Tengah menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen dan Sistem Ganda (Data eksisting).

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Menghasilkan perhitungan struktur yang memenuhi persyaratan Sistem Rangka Pemikul Momen
2. Menghasilkan besar perbandingan volume beton dan tulangan untuk balok dan kolom pada gedung Mapolda Jawa Tengah menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen dan Sistem Ganda (Data eksisting).
3. Menghasilkan besarnya perbandingan rencana anggaran biaya (RAB) gedung Mapolda Jawa Tengah

menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen dan Sistem Ganda (Data eksisting).

1.4 Manfaat

Manfaat dari penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Mendapatkan hasil besar perbandingan volume beton dan tulangan untuk balok dan kolom pada gedung Mapolda Jawa Tengah menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen dan Sistem Ganda (Data eksisting).
2. Mendapatkan perbandingan rencana anggaran biaya (RAB) gedung Mapolda Jawa Tengah menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen dan Sistem Ganda (Data eksisting).
3. Menerapkan ilmu yang berkaitan dengan perencanaan struktur yang diperoleh selama kuliah dengan menggunakan data gedung sesungguhnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang dapat disebutkan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Sistem rangka pemikul momen yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah khusus (SRPMK).
2. Perhitungan struktur hanya meliputi elemen struktur utama (balok dan kolom)

3. Tidak merencanakan metode pelaksanaan
4. Analisa Rencana Anggaran Biaya (RAB) menggunakan HSPK Semarang 2016.
5. Rencana Anggaran Biaya (RAB) hanya meliputi banyak bahan dan harganya pada elemen balok, kolom, dan dinding geser.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Sistem rangka pemikul momen adalah suatu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah ditetapkan dalam Standart Nasional Indonesia Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk bangunan gedung, bahwa sistem rangka pemikul momen dibagi dalam 3 (tiga) kelas yaitu:

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Dalam tugas akhir ini digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan persyaratan sebagai berikut:

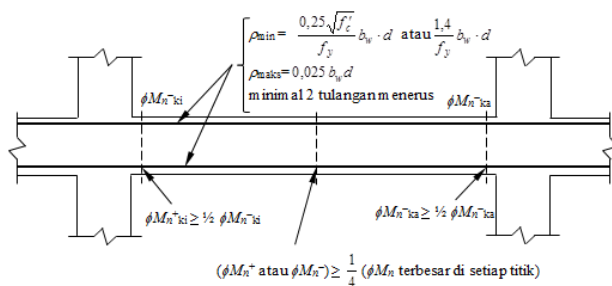
- **Komponen lentur**
 - **Syarat dimensi penampang (Pasal 21.5.1)**

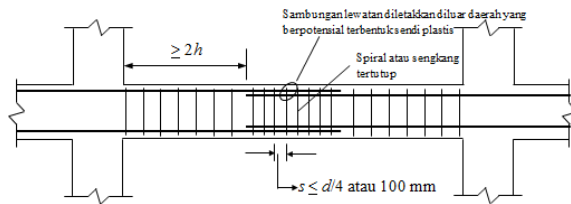
Sebuah komponen lentur bagian dari SRPMK, harus memenuhi kriteria yang ditetapkan di dalam SNI

2847:2013 pasal 21.5.1.1 hingga 21.5.1.4 sebagai berikut :

- ✓ Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , tidak lebih dari $A_g f_c' / 10$.
- ✓ Panjang bentang bersih, l_n , harus lebih besar dari 4 kali tinggi efektif. ($l_n > 4d$)
- ✓ Lebar penampang, b_w , tidak kurang dari 0,3 kali tinggi penampang namun tidak boleh diambil kurang dari 250 mm. ($b_w > 0,3h$ atau 250 mm)
- ✓ Lebar penampang, b_w , tidak boleh melebihi lebar kolom pendukung ditambah nilai terkecil dari : lebar kolom atau $\frac{3}{4}$ kali dimensi kolom dalam arah sejajar komponen lentur

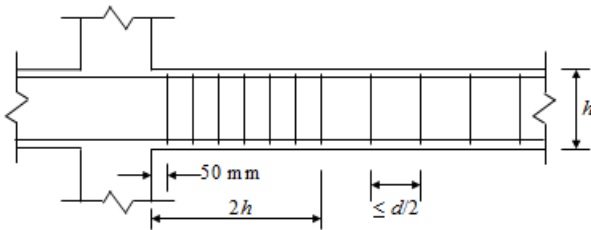
○ **Persyaratan Tulangan Lentur (Pasal 21.5.2)**



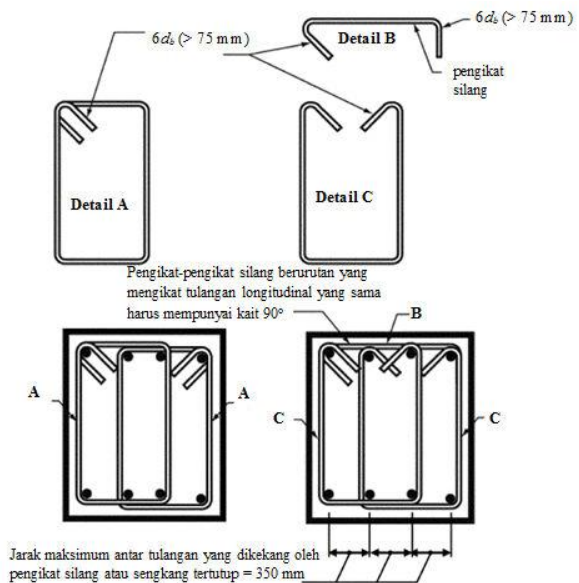


○ **Persyaratan Tulangan Transversal (Pasal 21.5.3)**

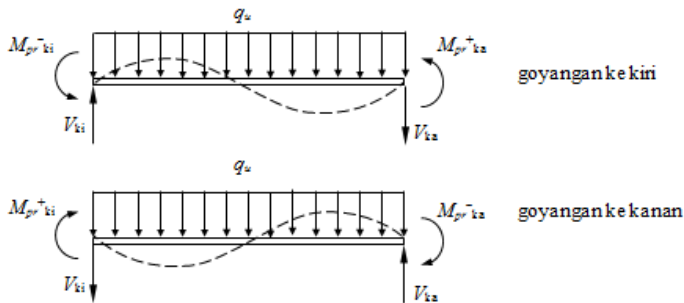
- ✓ Sengkang tertutup harus disediakan pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan pada kedua ujung komponen struktur lentur.
- ✓ Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Jarak antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi dari nilai terkecil antara :
 - $d/4$
 - $6db$ (6 kali diameter tulangan memanjang terkecil)
 - 150 mm
- ✓ Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang dengan kait gempapada kedua ujungnya harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari $d/2$ di sepanjang bentang komponen struktur lentur



Sengkang tertutup dapat terdiri dari dua buah tulangan, yaitu : sebuah sengkang dengan kait gempapada kedua ujung dan ditutup oleh pengikat silang. Pada pengikat silang yang berurutan yang mengikat tulangan memanjang yang sama, kait 90° - nya harus dipasang berselangseling



- ✓ Tulangan transversal untuk SRPMK harus didesain untuk memikul gaya geser rencana yang ditimbulkan oleh kuat lentur maksimum, M_{pr} , dengan tanda berlawanan, yang dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan.
- ✓ Pada saat yang bersamaan komponen struktur tersebut dianggap memikul beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya.



Gambar 15.11 Gaya Geser Rencana Pada Komponen Struktur Lentur

- ✓ Kuat geser yang disumbangkan oleh beton, V_C , dapat diambil sama dengan nol apabila gaya geser akibat gempa lebih besar atau sama dengan 50% dari kuat geser perlu maksimum di sepanjang daerah tersebut, serta apabila gaya aksial tekan terfaktor, termasuk akibat gempa, lebih kecil dari $Ag f / c/20$.

- **Komponen lentur dan aksial**

Persyaratan Umum (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1)

- ✓ Komponen struktur yang memikul lentur dan gaya aksial (kolom) yang diakibatkan oleh beban gempa bumi, serta beban aksial terfaktor yang bekerja melebihi $Ag.f_c'/10$, harus memenuhi persyaratan ukuran penampang sebagai berikut :

- ✓ Ukuran penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui titik pusat geometris penampang, tidak kurang dari 300 mm
- ✓ Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus tidak kurang dari 0,4

Persyaratan Tulangan Lentur (SNI 2847:2013 pasal 21.6.2)

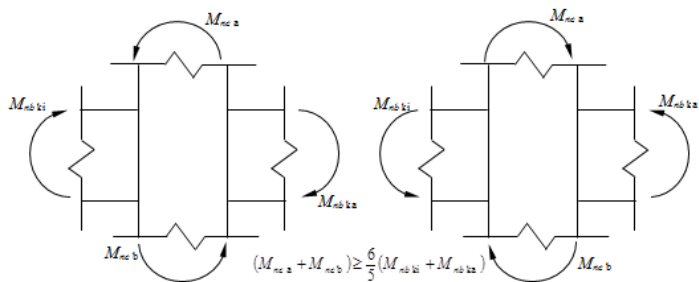
- ✓ Kuat lentur dari suatu kolom harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\sum M_{nc} \geq 6/5 \sum M_{nb}$$

dengan :

- ✓ $\sum M_{nc}$ adalah jumlah kuat lentur nominal kolom yang merangka pada suatu hubungan balok-kolom (HBK). Kuat lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau yang menghasilkan nilai kuat lentur yang terkecil

- ✓ ΣMnb adalah jumlah kuat lentur nominal balok yang merangka pada suatu hubungan balok-kolom (HBK).
- ✓ Pendekatan ini sering dikenal sebagai konsep kolom kuat – balok lemah (*strong column – weak beam*).
- ✓ Dengan menggunakan konsep ini maka diharapkan bahwa kolom tidak akan mengalami kegagalan terlebih dahulu sebelum balok. Tulangan lentur harus dipilih sedemikian sehingga persamaan 15.32 terpenuhi. Sedangkan rasio tulangan harus dipilih sehingga terpenuhi syarat : $0,01 < \rho_g < 0,06$

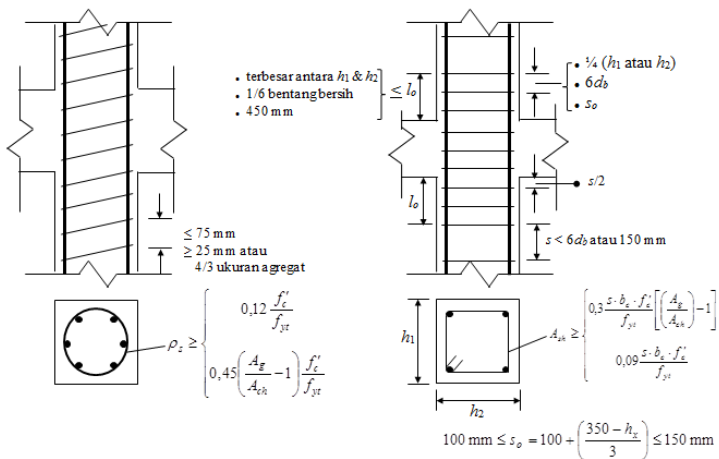


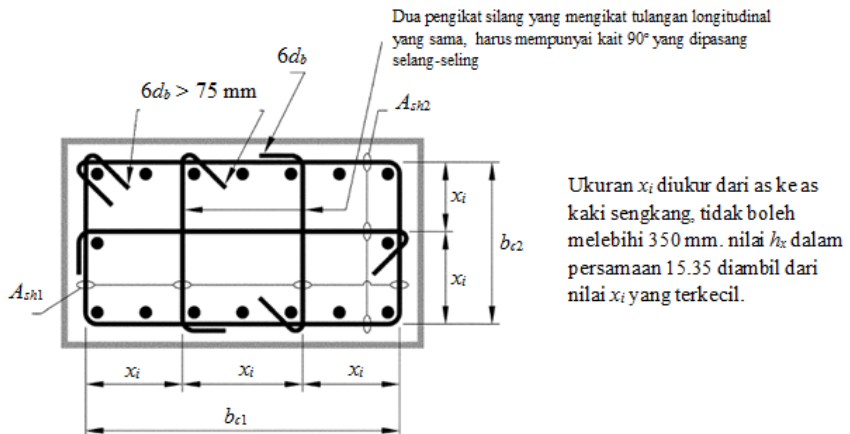
- ✓ Kolom harus didetailkan dengan baik untuk menghasilkan tingkat daktilitas yang cukup, terutama pada saat mulai terbentuknya sendi plastis akibat beban gempa. Pada daerah sendi plastis kolom (daerah sepanjang l_0 dari muka

hubungan balok-kolom, di kedua ujungnya) harus disediakan tulangan transversal yang mencukupi.

Panjang l_o daerah sendi plastis kolom, diambil tidak kurang dari :

- Tinggi penampang komponen struktur pada muka hubungan balok kolom atau pada segmen yang memiliki potensi terjadi leleh lentur
- $1/6$ dari bentang bersih komponen struktur
- 450 mm



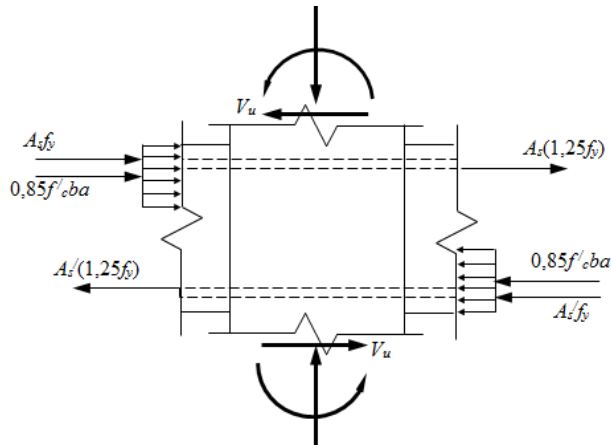


• Hubungan balok-kolom

Persyaratan Umum (SNI 2847:2013 pasal 21.7.2)

- ✓ Gaya-gaya pada tulangan longitudinal balok di muka HBK harus ditentukan dengan menganggap bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25f_y$.
- ✓ Tulangan longitudinal balok yang berhenti pada suatu kolom harus memiliki panjang penyaluran yang cukup hingga mencapai sisi jauh dari inti kolom terkeang.
- ✓ Jika tulangan longitudinal balok diteruskan hingga melawati HBK, maka dimensi kolom dalam arah paralel terhadap tulangan longitudinal balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok. Untuk beton ringan,

maka dimensi tersebut tidak boleh kurang dari 26 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok.



Persyaratan Tulangan Transversal (SNI 2847:2013 pasal 21.7.3)

- ✓ Tulangan transversal berbentuk sengkang tertutup (seperti pada lokasi sendi plastis kolom) harus disediakan pada daerah HBK
- ✓ Pada suatu HBK yang memiliki balok dengan lebar sekurang-kurangnya $\frac{3}{4}$ lebar kolom dan merangka pada keempat sisi kolom tersebut, maka dapat dipasang tulangan transversal setidaknya sejumlah $\frac{1}{2}$ dari kebutuhan di daerah sendi plastis kolom. Tulangan transversal ini dipasang di daerah HBK pada setinggi

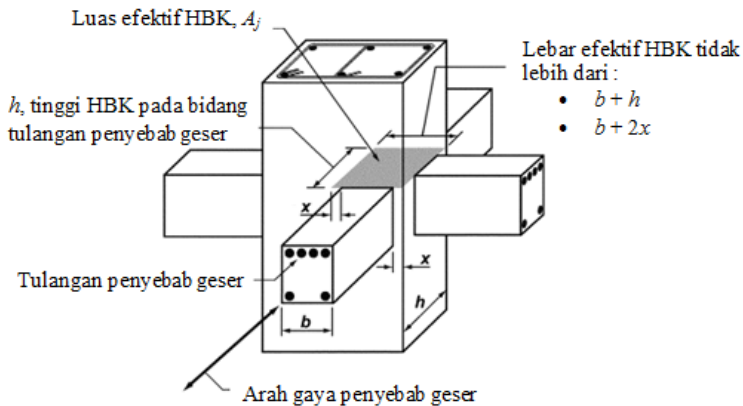
balok terendah yang merangka ke HBK. Pada daerah ini, jarak tulangan transversal boleh diperbesar menjadi 150 mm

- ✓ Pada HBK dengan lebar balok lebih besar daripada lebar kolom, tulangan transversal seperti pada daerah sendi plastis kolom harus disediakan untuk memberikan kekangan terhadap tulangan longitudinal balok yang terletak di luar inti kolom

Kuat Geser (SNI 2847:2013 pasal 21.7.4)

- ✓ Kuat geser nominal HBK untuk beton normal diambil tidak melebihi dari :
 - $1,7\sqrt{f_c'} A_j$, untuk HBK yang terkekang keempat sisinya
 - $1,25\sqrt{f_c'} A_j$, untuk HBK yang terkekang ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan
 - $1,0\sqrt{f_c'} A_j$, untuk HBK yang lainnya
- ✓ Dengan A_j adalah merupakan luas efektif dari HBK. Untuk beton ringan, kuat geser nominal HBK tidak boleh diambil melebihi $\frac{3}{4}$ dari batasan untuk beton normal. Suatu balok yang merangka pada suatu HBK dianggap mampu memberikan kekangan jika

setidaknya $\frac{3}{4}$ bidang muka HBK tersebut tertutupi oleh balok yang merangka ke HBK tersebut.



Panjang Penyaluran Tulangan (SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.1)

- ✓ Panjang penyaluran ldh untuk tulangan tarik berdiameter 10 hingga 36 mm, yang memiliki kait standar 900, diambil dari nilai terbesar antara :
 - $8db$
 - 150 mm, atau
 - $f_y db / (5,4 \sqrt{f_c})$
- ✓ Untuk tulangan berdiameter 10 hingga 36 mm tanpa kait, panjang penyaluran tulangan tarik, ld , tidak boleh diambil lebih kecil daripada:

- $2,5/dh$, jika tebal pengecoran beton di bawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm
- $3,25/dh$, jika tebal pengecoran beton di bawah tulangan tersebut lebih dari 300 mm

2.2 Sistem Ganda

Sistem ganda memiliki 3 ciri dasar yaitu pertama adalah rangka ruang lengkap berupa SRPM yang penting berfungsi memikul beban gravitasi, kedua adalah SRPM secara tersendiri sanggup memikul sedikitnya 25% dari beban gempa rencana, ketiga adalah dinding geser dan SRPM direncanakan untuk menahan gaya gempa secara proporsional berdasarkan kekakuan relatifnya (Purwono, 2005). Sistem ganda umumnya digunakan untuk perancangan gedung bertingkat tinggi di daerah gempa sedang hingga kuat. Pada sistem ganda, beban lateral dipikul bersama oleh dinding geser dan sistem rangka pemikul momen (SRPM). Oleh karena hal tersebut, maka dimensi ataupun pendetailan tulangan untuk rangka utama dapat diperkecil.

2.2.1 Dinding geser

Dalam SNI 2847:2013 disebutkan bahwa dinding geser adalah dinding struktur yang ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gaya gempa. Pada umumnya bangunan tinggi tahan gempa menggunakan lemen-elemen struktur yang kaku seperti

dinding geser untuk menahan beban lateral. Dinding geser yang umum digunakan adalah dinding geser kantilever dan dinding geser berangkai. Pada umumnya dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen pada gedung, kerja sama antara dinding geser dan sistem rangka pemikul momen inilah yang disebut sistem ganda. Dinding geser atau dinding struktur yang ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gaya gempa bisa dikategorikan sebagai berikut:

- Dinding beton polos struktur biasa (*Ordinary structural concrete wall*)
- Dinding struktur beton bertulang biasa (*ordinary reinforced concrete structural wall*)
- Dinding structural pracetak menengah (*intermediate precast structural wall*)
- Dinding structural khusus (*special structural wall*)

Berdasarkan letak dan fungsinya, dinding geser dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu :

- *Bearing walls* adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi . Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.
- *Frame walls* adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton

bertulang. Tembok-tebok ini dibangun diantara baris kolom.

- *Core walls* adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung yang biasanya diisi tangga atau poros lift. Dinding yang terletak dikawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan paling ekonomis.

2.2.2 Perencanaan dinding geser

Berdasarkan geometrinya, dinding geser dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Dinding langsing (Flexural wall), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \geq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku lentur.
- Dinding pendek (Squat Wall), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \leq 2$
- Dinding berangka (Coupled Shear Wall), yaitu sepasang dinding geser yang dihubungkan dengan balok-balok perangkai.

Dalam merencanakan dinding geser, perlu diperhatikan bahwa dinding geser yang berfungsi untuk menahan gaya lateral yang besar akibat beban gempa

tidak boleh runtuh akibat gaya lateral, karena apabila dinding geser runtuh karena gaya lateral maka keseluruhan struktur bangunan akan runtuh karena tidak ada elemen struktur yang mampu menahan gaya lateral. Oleh karena itu, dinding geser harus didesain untuk mampu menahan gaya lateral yang mungkin terjadi akibat beban gempa, dimana berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 14.5.3.1, tebal minimum dinding geser (t_d) tidak boleh kurang dari 100 mm.

Sedangkan untuk ketentuan luas tulangan disyaratkan pada pasal 14.3 sebagai berikut:

- Rasio minimum untuk luas tulangan vertikal terhadap luas bruto beton haruslah :
 - 0,0012 untuk batang ulir \leq D16 dengan tegangan leleh yang disyaratkan \geq 420 Mpa.
 - 0,0015 untuk batang ulir lainnya.
 - 0,0012 untuk tulangan kawat las $< \phi 16$ atau D16.
- Rasio minimum untuk luas tulangan horisontal terhadap luas bruto beton haruslah :
 - 0,0020 untuk batang ulir \leq D16 dengan tegangan leleh yang disyaratkan \geq 420 Mpa.
 - 0,0025 untuk batang ulir lainnya.

- 0,0020 untuk jaring kawat baja las (polos atau ulir)
< $\phi 16$ atau D16.

2.2.3 Pola keruntuhan dinding geser

Dinding geser sebagai elemen penahan beban lateral memiliki keuntungan utama karena menyediakan kontinuitas vertikal pada sistem lateral struktur gedung. Struktur gedung dengan dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral pada umumnya memiliki performance yang cukup baik pada saat gempa.

Beberapa kerusakan yang terjadi akibat beban lateral pada umumnya berupa cracking, yang terjadi pada dasar dinding dan juga pada bagian coupling beam pada dinding berangka.

Perilaku batas yang terjadi pada dinding geser dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Flexural behavior, dimana respons yang terjadi pada dinding akibat gaya luar dibentuk oleh mekanisme kelelahan pada tulangan yang menahan lentur. Keruntuhan jenis ini pada umumnya bersifat duktail.
- Flexural-shear behavior, dimana kelelahan yang terjadi pada tulangan yang menahan lentur diikuti dengan kegagalan geser.
- Shear behavior, dimana dinding runtuh akibat geser tanpa adanya kelelahan pada tulangan yang menahan

lentur. Perilaku batas ini bisa dibagi lagi menjadi diagonal tension shear failure dan diagonal compression shear failure.

- Sliding shear behavior, dimana dibawah pembebanan blak balik, sliding shear bisa terjadi akibat adanya flexural cracks yang terbuka lebar pada dasar dinding. Keruntuhan jenis ini sifatnya getas dan menghasilkan perilaku disipasi yang buruk.

2.3 Perbandingan SRPM dan Sistem Ganda

Semakin tinggi suatu gedung, penggunaan struktur rangka saja untuk menahan gaya lateral akibat beban gempa menjadi kurang ekonomis karena akan menyebabkan dimensi struktur balok dan kolom yang dibutuhkan akan semakin besar untuk menahan gaya lateral. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan struktur terhadap gaya lateral dapat digunakan kombinasi antara sistem rangka pemikul momen dengan dinding geser (*sistem ganda*). Pada struktur kombinasi ini, dinding geser dan kolom-kolom struktur akan dihubungkan secara kaku (*rigid*) oleh balok-balok pada setiap lantai bangunan. Dengan adanya hubungan yang *rigid* antara kolom, balok, dan dinding geser akan memungkinkan terjadinya interaksi antara struktur rangka dan dinding geser secara menyeluruh pada bangunan, dimana struktur rangka dan dinding geser akan bekerja bersama-

sama dalam menahan beban yang bekerja baik itu beban gravitasi maupun beban lateral. Selain itu, dengan menggunakan sistem ganda ini, maka simpangan lateral akan jauh berkurang seiring dengan peningkatan jumlah lantai struktur.

Sistem rangka pemikul momen secara tersendiri dibandingkan dengan sistem ganda yang memiliki elemen sama seperti sistem rangka pemikul momen ditambah dengan dinding geser. Penambahan dinding geser ini menyebabkan peningkatan kemampuan struktur dalam menahan gaya geser dasar serta mengurangi besarnya deformasi lateral pada bangunan (henuk, 2012).

2.4 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya atau disebut juga penaksiran anggaran biaya adalah proses perhitungan volume pekerjaan, harga dari berbagai macam bahan dan pekerjaan yang akan terjadi pada suatu konstruksi (Soedrajat, 1984). Karena disebutkan sebaga rencana atau taksiran, maka jumlah harga yang diperloeh tentu bukan harga sebenarnya atau actual cost. Terdapat lima hal yang pokok dalam menghitung biaya:

- Menghitung banyak bahan yang dipakai dan harganya.
- Menghitung jam kerja yang diperlukan dan jumlah biayanya.

- Menghitung jenis dan banyaknya peralatan yang dipakai beserta biayanya.
- Menghitung biaya-biaya tidak terduga yang perlu ditiadakan.
- Menghitung prosentase keuntungan dari waktu, tempat, dan jenis pekerjaan.

Namun dalam tugas akhir ini, hanya akan dilakukan perhitungan banyak bahan yang dipakai dan harganya mengacu pada HSPK setempat, yaitu HSPK Semarang 2016.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

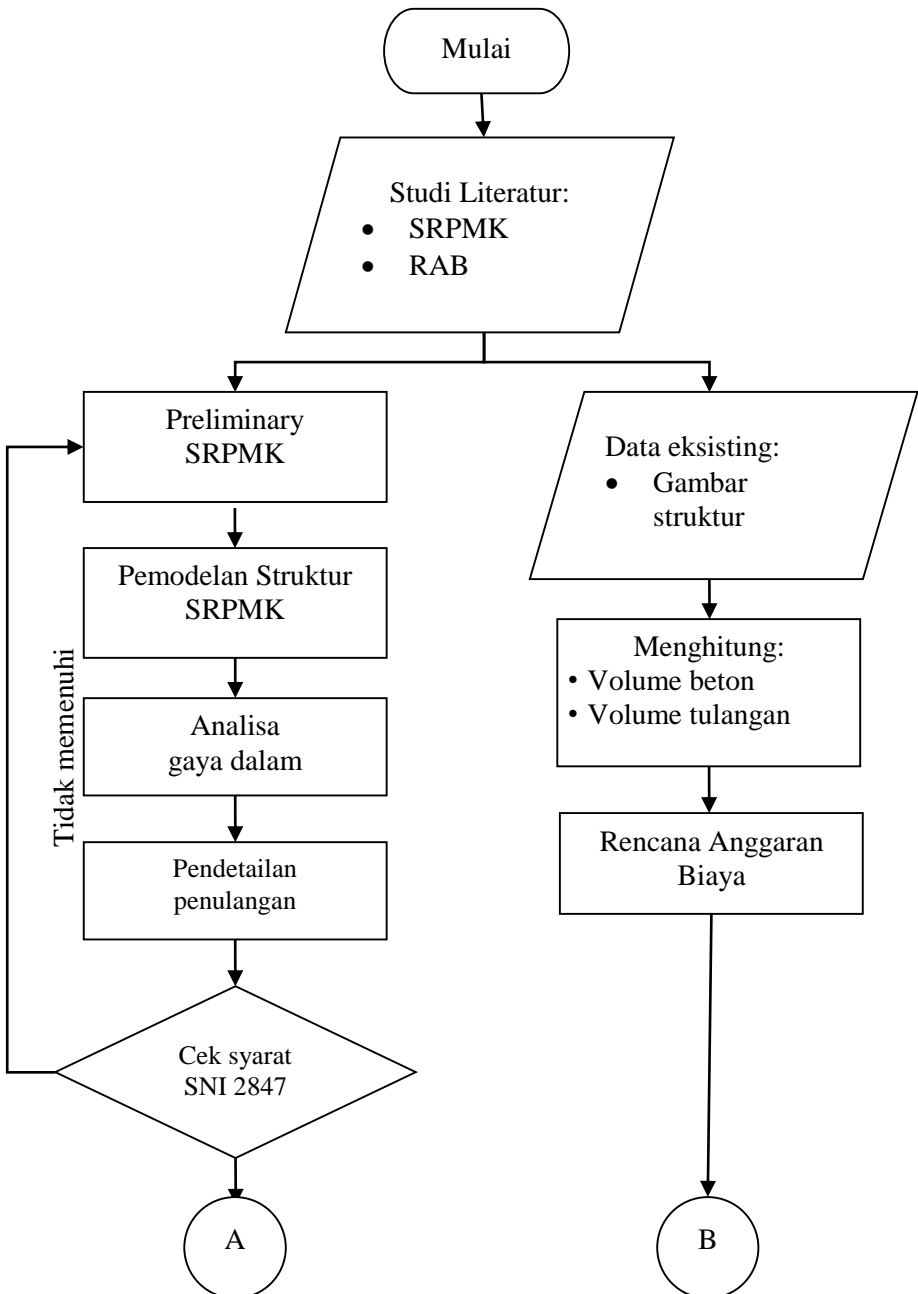
METODOLOGI

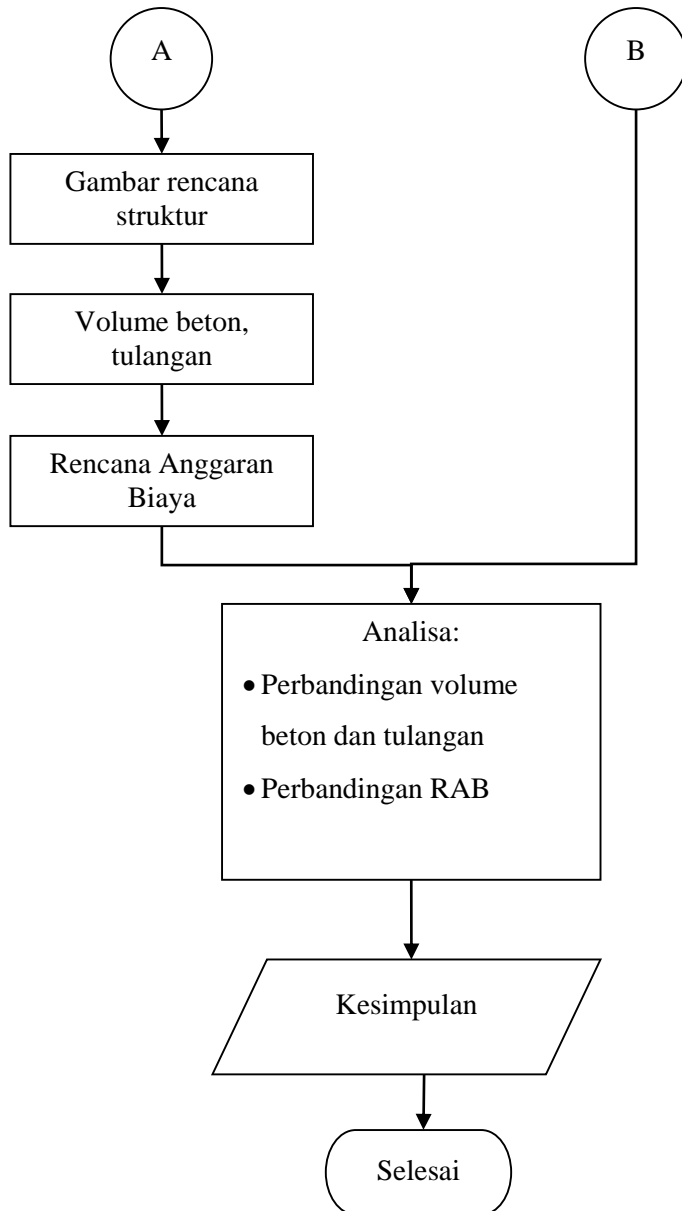
3.1 Umum

Metodologi merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan tugas akhir ini. Adapun metodologi untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur mengenai sistem struktur gedung.
2. Pengumpulan data berupa data tanah, gambar arsitektur, gambar struktur, data teknik bahan.
3. Preliminary desain mengikuti dimensi elemen eksisting, apabila kontrol tidak memenuhi maka preliminary desain ulang.
4. Pemodelan struktur untuk gedung dengan SRPM
5. Analisa dan Pendetailan tulangan gedung SRPM
6. Kontrol Persyaratan sesuai peraturan
7. Perhitungan volume beton dan baja tulangan kedua gedung
8. Rencana Anggaran Biaya kedua gedung
9. Perbandingan rencana anggaran biaya kedua gedung
10. Kesimpulan

Untuk lebih jelasnya, metodologi yang dilakukan akan disajikan dalam bentuk diagram alir berikut :





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab hasil dan pembahasan ini akan disajikan tata cara penulis dalam menghasilkan perhitungan elemen struktur, mulai dari tahap perencanaan, pembebanan, pemodelan, sampai perhitungan elemen struktur tersebut.

4.1 Data perencanaan

Dalam data perencanaan ini akan meliputi kriteria dan spesifikasi umum dan material rencana yang akan digunakan. Kriteria dan spesifikasi dalam data perencanaan ini akan mengacu kepada beberapa ketentuan dan tata cara yang berlaku.

4.1.1 Data dan Spesifikasi Umum Gedung

Sesuai gambar rencana arsitektur yang ada, maka didapatkan data dan spesifikasi umum gedung adalah sebagai berikut:

- Nama Gedung : Mapolda Jawa Tengah
- Lokasi : Jl. Pahlawan no.1 Semarang
- Jumlah Lantai : 8 Lantai
- Tinggi Total : 36,50 m

4.1.2 Data dan Spesifikasi Material Rencana

Material yang digunakan dalam perencanaan ini dibagi menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

- Material elemen struktur balok, kolom, dan pelat direncanakan dengan menggunakan beton dengan $f'_c=29$ MPa
- Material elemen struktur tulangan baja polos (BJTP) mempunyai tegangan leleh sebesar 240 MPa untuk diameter tulangan ≤ 10 mm
- Material elemen struktur tulangan baja sirip (BJTS) mempunyai tegangan leleh sebesar 390 MPa untuk diameter tulangan > 10 mm

4.1.1 Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam perencanaan gedung ini diambil oleh CV. Georekayasa yang dilakukan pada 3 titik pada area rencana gedung. Data tanah yang didapatkan berupa data SPT.

4.2 Pembebanan

Dalam perencanaan pembebanan gedung ini mengikuti peraturan yang digunakan dalam perencanaan gedung eksisting. Untuk beban gravitasi dan angin sesuai peraturan SNI 1727:1989, sedangkan untuk beban lateral gempa sesuai peraturan SNI 1726:2012. Selebihnya beban yang tidak dicantumkan dalam peraturan tersebut maka ditentukan dengan brosur dari merk dagang tertentu dan peraturan yang lain. Beban yang direncanakan akan bekerja pada struktur ini adalah meliputi beban mati (berat

sendiri struktur dan beban mati tambahan), beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Beban-beban tersebut akan dijabarkan sebagai berikut:

4.2.1 Beban mati

Berat mati dalam tugas akhir ini diambil berdasarkan brosur dari merk dagang tertentu dan beberapa peraturan yang berlaku. Adapun berat jenis bahan konstruksi tersebut adalah sebagai berikut:

- Beton bertulang normal : **2400 kg/m³**
- Finishing dinding

Tabel 4.2.1 Berat finishing dinding

Material	Jenis	Berat	Sat
Dinding pas.batako	SNI 1727 1989	250,00	kg/m ²
Total berat		250,00	kg/m ²
Pembulatan		250,00	kg/m ²

Nilai tersebut perlu dikalikan dengan tinggi dinding untuk mendapatkan berat per meter sebelum dimasukkan membebani balok pada program bantu, maka variasi berat dinding yang ada adalah sebagai berikut :

- Tinggi 5m = $5 \times 250 \text{ kg/m}^2 = 1250 \text{ kg/m}$
- Tinggi 4m = $4 \times 250 \text{ kg/m}^2 = 1000 \text{ kg/m}$
- Tinggi 3,5m = $3,5 \times 250 \text{ kg/m}^2 = 875 \text{ kg/m}$

- Finishing lantai dan plafond ruang

Diketahui dari data bahwa beban finishing untuk lantai adalah 157 kg/m^2 , oleh karena itu untuk pengecekan perlu diuraikan berat tersebut sebagai berikut :

Tabel 4.2.2 Berat Finishing lantai

Material	Jenis	Berat	Sat
Keramik	Roman	20,50	kg/m^2
Adukan 3 cm	SNI 1727 1989	63,00	kg/m^2
Langit-langit dan penggantung	SNI 1727 1989	18,00	kg/m^2
Mechanical duct	ASCE 7-05	20,00	kg/m^2
Total berat		121,50	kg/m^2
Pembulatan		125,00	kg/m^2

Maka tetap digunakan beban dari data karena lebih menentukan yaitu sebesar **157** kg/m^2 .

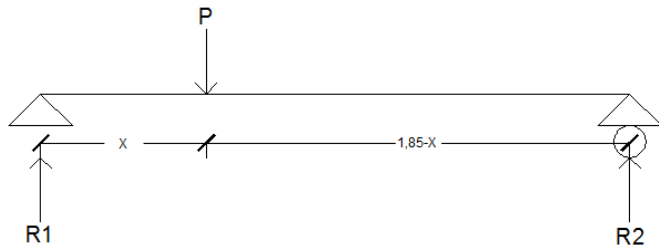
- Finishing lantai dan plafond atap

Tabel 4.2.3 Berat finishing lantai dan plafond

Material	Jenis	Berat	Sat
Aspal 5 cm	SNI 1727 1989	70,00	kg/m ²
Langit-langit dan penggantung	SNI 1727 1989	18,00	kg/m ²
Mechanical duct	ASCE 7-05	20,00	kg/m ²
Total berat		108,00	kg/m ²
Pembulatan		110,00	kg/m ²

- Beban lift

Lift direncanakan menggunakan merk dagang *Hyundai tipe luxen (gearless elevators)* dengan kapasitas 10 Penumpang (700Kg) dan kecepatan 1m/sec. Beban yang bekerja adalah beban yang diakibatkan mesin penggerak lift, berat kereta luncur serta perlengkapan, dan bandul pemberat ditambah perlengkapan. Reaksi yang terjadi menurut data dari produsen adalah R1 sebesar 4,2 Ton dan R2 sebesar 2,7 Ton. Maka nilai beban P total adalah R1+R2 yaitu 6,9 Ton. Dapat dilakukan perhitungan sederhana untuk mendapatkan posisi P sebagai berikut:



Gambar 4.2.1 Sketsa beban lift

$$M_1 = 0$$

$$Px - R_2(1,85 - x) = 0$$

$$6,9 \cdot x - 2,7 \cdot (1,85 - x) = 0$$

$$6,9 \cdot x - 4,995 + 2,7x = 0$$

$$9,6x = 4,995$$

$$x = 0,52 \text{ m}$$

Jadi, untuk beban mati terpusat sebesar 6,9T diletakkan sejauh 0,52 m dari titik R1.

Sedangkan untuk beban hidup, perlu dikalikan suatu faktor sebagai berikut :

$$\Psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

v : kecepatan angkat maksimum dalam m/s

k_1 : koefisien kekauan struktur, umumnya 0,6

k_2 : koefisien mesin, diambil 1

Maka :

$$\Psi = (1 + 0,6 \times 1 \times 1) \geq 1,15$$

$$\Psi = 1,6$$

Jadi, untuk beban hidup terpusat akan dimasukkan sebesar $700 \text{ kg} \times 1,6 = 1120 \text{ kg}$ pada titik yang sama dengan beban mati terpusat.

4.2.2 Beban hidup

Adapun beban hidup yang bekerja pada gedung ini sesuai pembebanan gedung eksisting adalah sebagai berikut:

- Beban hidup kantor 250 kg/m^2
- Beban hidup ruang rapat 400 kg/m^2
- Beban hidup lobby 300 kg/m^2
- Beban hidup lantai atap 100 kg/m^2
- Beban hidup lantai helipad 200 kg/m^2

Pada atap gedung terdapat beban hidup untuk helipad yang direncanakan untuk mampu menahan helikopter jenis Enstrom 480B dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Berat maksimum takeoff $1360,8 \text{ kg}$
- Total panjang $9,17 \text{ m}$
- Total tinggi $2,96 \text{ m}$
- Jarak antar skid $2,44 \text{ m}$

Menurut SNI 1727:1989, beban dari berat maksimum takeoff tersebut harus di bebaskan menjadi dua beban terpusat tunggal dengan jarak sesuai jarak skid pada daerah pendaratan yang masing-masing besarnya adalah

45% berat maksimum takeoff. Jadi untuk masing-masing titik dibebani sebesar 613 kg. Untuk masing-masing beban tersebut dikalikan faktor kejut 1,5 sehingga masing-masing titik dibebani sebesar 920 kg.

4.2.3 Beban angin

Adapun perhitungan beban angin dalam perencanaan gedung ini mengikuti SNI 1727-1989 sebagai berikut:

1. Tekanan tiup diambil sebesar 25 kg/m², dikarenakan jauh dari pantai.
2. Koefisien angina untuk gedung tertutup dengan atap datar adalah sebagai berikut :

- Angin datang + 0,9
- Angin pergi - 0,4
- Angin tepi - 0,4

Tanda + untuk kondisi tekan/tiup, tanda – untuk kondisi tarik/hisap.

3. Beban angin yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- Angin datang = $0,9 \times 25 = 22,5 \text{ kg/m}^2$
- Angin pergi = $0,4 \times 25 = 10 \text{ kg/m}^2$
- Angin tepi = $0,4 \times 25 = 10 \text{ kg/m}^2$

Nilai tersebut dikalikan dengan lebar area yang dipikulnya. Karena rata-rata jarak antar kolom adalah 8m, maka secara global beban angin yang dimasukkan membebani kolom dalam program bantu adalah sebagai berikut :

- Angin datang = $8 \times 22,5 \text{ kg/m}^2 = 180 \text{ kg/m}^2$
- Angin pergi = $8 \times 10 \text{ kg/m}^2 = 80 \text{ kg/m}^2$
- Angin tepi = $8 \times 10 \text{ kg/m}^2 = 80 \text{ kg/m}^2$

4.2.4 Beban gempa

Dalam penentuan beban gempa, diperlukan adanya penyelidikan kondisi tanah lokasi bangunan. Kemudian tahapan perhitungan beban gempa akan mengikuti SNI 1726:2012, dan untuk peta wilayah gempa akan mengikuti peta hazard gempa Indonesia 2010. Adapun perhitungan beban gempa pada gedung ini adalah sebagai berikut:

- **Menentukan Klasifikasi Situs**

Penetapan klasifikasi situs dilakukan dengan mengolah data tanah lokasi gedung sampai kedalaman 30m. Adapun dari perhitungan tiga (3) titik tanah pada lokasi gedung, didapatkan nilai N masing-masing adalah:

1. Titik B-1 = 39,384
2. Titik B-3 = 34,338

3. Titik B-4 = 34,004

Maka kelas situs untuk lokasi gedung tersebut sesuai SNI 1726:2012 Pasal 5.3 Tabel 3 adalah:

Tabel 4.2.4 Daftar kelas situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (Batuan Keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 – 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, Sangat padat, dan batuan lunak)	350 – 750	> 50	≥ 100
SD (Tanah sedang)	175 – 350	15 – 50	50 – 100
SE (Tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir, $\bar{S}_u < 25$ kPa 		
SF (Tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik dan analisis respon spesifik situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah 		

	<ul style="list-style-type: none"> - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3\text{m}$) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $> 7,5\text{m}$ dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35\text{m}$ dengan $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa}$
--	--

- **Menentukan Faktor Keutamaan Gempa**

Untuk dapat menentukan faktor keutamaan gempa, diperlukan dulu penentuan kategori resiko bangunan. Dengan fungsi bangunan sebagai kantor polisi, maka pada tabel berikut dapat ditentukan bahwa gedung tersebut memiliki kategori resiko bangunan IV.

Adapaun sesuai tabel berikut, maka bangunan yang memiliki kategori resiko bangunan IV memiliki nilai faktor keutamaan gempa (I_e) adalah 1,50.

- **Menentukan Koefisien Situs**

Berdasarkan peta hazard untuk wilayah Semarang, didapatkan nilai:

$$S_s = 1,10$$

$$S_1 = 0,37$$

Maka nilai koefisien situs F_a berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 6.1.2 Tabel 4 adalah 1,06.

Tabel 4.2.5 Parameter Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Sedangkan untuk nilai koefisien situs F_v adalah 1,66.

Tabel 4.2.6 Parameter Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

- **Menentukan Percepatan Spektral Desain**

Nilai percepatan spectral desain pada gedung ini dihitung sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 6.2 sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{MS} = 1,06 \times 1,10$$

$$S_{MS} = 1,117$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

$$S_{M1} = 1,66 \times 0,37$$

$$S_{M1} = 0,614$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} 1,167$$

$$S_{DS} = 0,777$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} 0,614$$

$$S_{D1} = 0,409$$

- **Menentukan Spektrum Respon Desain**

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_0 = 0,2 \frac{0,409}{0,777} = 0,105 \text{ detik}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

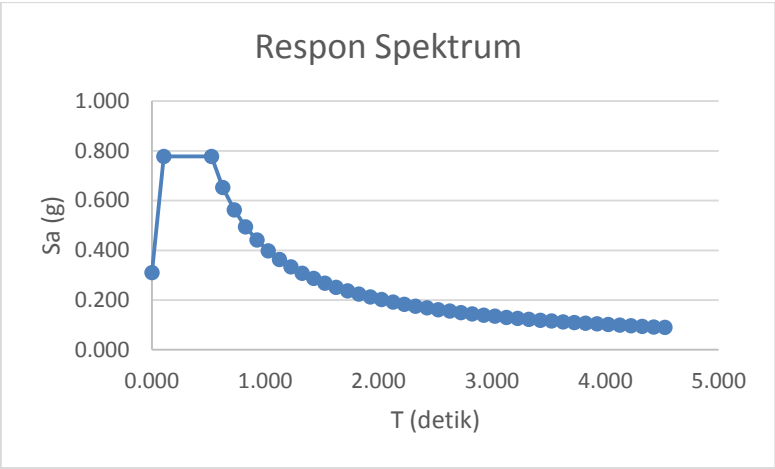
$$T_S = \frac{0,409}{0,777} = 0,526 \text{ detik}$$

1. Untuk Periode Yang Lebih Kecil T_0 , $S_a = SDS (0,4+0,6 T/T_0)$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan dari atau sama dengan T_s , $S_a = SDS$

3. Untuk Periode Lebih besar dari T_s , $S_a = SDI/T$

Gempa 2500 Tahun		
T	T	S_a
detik	detik	(g)
0	0.000	0.311
T_0	0.105	0.777
T_s	0.527	0.777
$T_s+0.1$	0.627	0.653
$T_s+0.2$	0.727	0.563
$T_s+0.3$	0.827	0.495
$T_s+0.4$	0.927	0.442
$T_s+0.5$	1.027	0.399
$T_s+0.6$	1.127	0.363
$T_s+0.7$	1.227	0.334
$T_s+0.8$	1.327	0.309
$T_s+0.9$	1.427	0.287
$T_s+1.0$	1.527	0.268
$T_s+1.1$	1.627	0.252
$T_s+1.2$	1.727	0.237
$T_s+1.3$	1.827	0.224
$T_s+1.4$	1.927	0.213
$T_s+1.5$	2.027	0.202
$T_s+1.6$	2.127	0.193
$T_s+1.7$	2.227	0.184
$T_s+1.8$	2.327	0.176
$T_s+1.9$	2.427	0.169
$T_s+2.0$	2.527	0.162
$T_s+2.1$	2.627	0.156
$T_s+2.2$	2.727	0.150
$T_s+2.3$	2.827	0.145
$T_s+2.4$	2.927	0.140
$T_s+2.5$	3.027	0.135
$T_s+2.6$	3.127	0.131
$T_s+2.7$	3.227	0.127
$T_s+2.8$	3.327	0.123
$T_s+2.9$	3.427	0.119
$T_s+3.0$	3.527	0.116
$T_s+3.1$	3.627	0.113
$T_s+3.2$	3.727	0.110
$T_s+3.3$	3.827	0.107
$T_s+3.4$	3.927	0.104
$T_s+3.5$	4.027	0.102
$T_s+3.6$	4.127	0.099
$T_s+3.7$	4.227	0.097
$T_s+3.8$	4.327	0.095
$T_s+3.9$	4.427	0.092
T_s+4	4.527	0.090



Gambar 4.2.1 Grafik respons spektrum

• **Menentukan Kategori Desain Seismik**

Nama kota :	Semarang	
Fungsi bangunan :	Kantor polisi	
Level gempa :	2500	Tahun
Kategori resiko :	IV	[SNI 1726:2012 Ps.4.1.2 Tabel-1]
Faktor keutamaan gempa :	1.50	[SNI 1726:2012 Ps.4.1.2 Tabel-2]
Klasifikasi situs :	SD	[SNI 1726:2012 Ps. 5.3 Tabel-3]
S _s	1.10	[Peta hazard gempa 2010]
S ₁	0.37	[Peta hazard gempa 2010]
Koefisien situs, F _a :	1.06	[SNI 1726:2012 Ps. 6.2 Tabel-4]
Koefisien situs, F _v :	1.66	[SNI 1726:2012 Ps. 6.2 Tabel-5]
S _{MS}	1.17	[F _a . S _s]
S _{M1}	0.61	[F _v . S ₁]
S _{DS} :	0.777	[2/3 . S _{MS}] [SNI 1726:2012 Ps. 6.3]
S _{D1} :	0.409	[2/3 . S _{M1}] [SNI 1726:2012 Ps. 6.3]
$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$:	0.105	[SNI 1726:2012 Ps. 6.4]
$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$:	0.527	[SNI 1726:2012 Ps. 6.4]
Kategori desain seismik :	D	[SNI 1726:2012 Ps. 6.5 Tabel-6] [Berdasarkan S _{DS}]
Kategori desain seismik :	D	[SNI 1726:2012 Ps. 6.5 Tabel-7] [Berdasarkan S _{D1}]
Diambil kategori desain seismik paling menentukan, yaitu KDS-D		

4.3 Kombinasi Pembebanan

Dalam tugas akhir ini, kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.2.1 sebagai berikut:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + 1,0L$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

Pengaruh beban gempa, E , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.4.2 yaitu untuk kombinasi beban nomer 5, persamaannya adalah:

$$E = E_h + E_v$$

dan untuk kombinasi beban nomer 7, persamaannya adalah:

$$E = E_h - E_v$$

Keterangan :

E : Pegaaruh beban gempa

E_h : Pengaruh beban gempa horizontal sesuai pasal 7.4.2.1

E_v : Pengaruh beban gempa vertikal sesuai pasal 7.4.2.2

Dalam SNI 1726:2012 Pasal 7.4.2.1 untuk pengaruh beban gempa horizontal persamaannya adalah :

$$E_h = \rho Q_E$$

dimana ρ adalah faktor redunansi yang dalam tugas akhir ini diambil nilai 1, sesuai SNI 1726:2012 Pasal 7.3.4.

Sedangkan untuk nilai pengaruh beban gempa vertical, persamaannya adalah :

$$E_v = 0,2S_{DS}D$$

Keterangan :

S_{DS} : Parameter percepatan spectrum respon desain pada periode pendek

D : Pengaruh beban mati

4.4 Perencanaan Dimensi Struktur

Dalam sub bab ini akan merencanakan dimensi awal dari struktur sebelum dilakukan analisa struktur. Pada dasarnya pada tugas akhir ini adalah untuk evaluasi struktur, oleh karena itu dimensi pada eksisting akan dikontrol dengan peraturan peraturan yang ada.

4.4.1 Dimensi balok

Perhitungan rencana dimensi awal balok sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.1 Tabel 9.5 (a)

Tabel 9.5(a) Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l / 20$	$l / 24$	$l / 28$	$l / 10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l / 16$	$l / 18,5$	$l / 21$	$l / 8$

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_o , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_o)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_c selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_c/700)$.

A. Balok induk

• G1

$$Bentang (l) = 8000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{12} \times l$$

$$h = \frac{1}{12} \times 8000 \text{ mm}$$

$$h = 666,7 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah
700 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 700$$

$$b = 466,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah
400 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013
Pasal 21.5.1

$$1. \quad bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$450 \text{ mm} \geq 0,3 \times 700, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$450 \text{ mm} \geq 210 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

- **G2**

$$\text{Bentang } (l) = 8000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{12} \times l$$

$$h = \frac{1}{12} \times 8000 \text{ mm}$$

$$h = 666,7 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah
700 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 700$$

$$b = 466,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah 400 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013
Pasal 21.5.1

$$2. \quad bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$450 \text{ mm} \geq 0,3 \times 700, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$450 \text{ mm} \geq 210 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

- **G3**

$$\text{Bentang } (l) = 8000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{12} \times l$$

$$h = \frac{1}{12} \times 8000 \text{ mm}$$

$$h = 666,7 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah 700 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 700$$

$$b = 466,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah 400 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013
Pasal 21.5.1

$$1. \quad bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} \geq 0,3 \times 700, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} \geq 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

- **G4**

$$\text{Bentang } (l) = 6600 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{12} \times l$$

$$h = \frac{1}{12} \times 6600 \text{ mm}$$

$$h = 550 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah 600 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 600$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah 300 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013
Pasal 21.5.1

1. $bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$
 $300 \text{ mm} \geq 0,3 \times 600, \text{ atau } 250 \text{ mm}$
 $300 \text{ mm} \geq 180 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$
 (Memenuhi)

B. Balok anak

- **B1**

$$\text{Bentang } (l) = 8000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{21} \times l$$

$$h = \frac{1}{21} \times 8000 \text{ mm}$$

$$h = 381 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah
600 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 400$$

$$b = 266,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah
300 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013
Pasal 21.5.1

1. $bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$
 $250 \text{ mm} \geq 0,3 \times 400, \text{ atau } 250 \text{ mm}$

$$250 \text{ mm} \geq 120 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

- **B2**

$$Bentang (l) = 4000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{21} \times l$$

$$h = \frac{1}{21} \times 4000 \text{ mm}$$

$$h = 190,5 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah
400 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 400$$

$$b = 266,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah
250 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013
Pasal 21.5.1

$$2. \quad bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \geq 0,3 \times 400, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \geq 120 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

- **B3**

$$Bentang (l) = 8000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{21} \times l$$

$$h = \frac{1}{21} \times 8000 \text{ mm}$$

$$h = 381 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah
400 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 400$$

$$b = 266,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah
250 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013
Pasal 21.5.1

$$3. \quad bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \geq 0,3 \times 400, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \geq 120 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

- **B1**

$$\text{Bentang } (l) = 8000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{21} \times l$$

$$h = \frac{1}{21} \times 8000 \text{ mm}$$

$$h = 381 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah 400 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 400$$

$$b = 266,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah 250 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013
Pasal 21.5.1

$$4. \quad bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \geq 0,3 \times 400, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \geq 120 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

- **B2**

$$Bentang (l) = 5000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{21} \times l$$

$$h = \frac{1}{21} \times 5000 \text{ mm}$$

$$h = 238,1 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah 400 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 400$$

$$b = 266,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah 250 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013
Pasal 21.5.1

$$5. \quad bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \geq 0,3 \times 400, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \geq 120 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

C. Sloof

○ TB1

$$Bentang (l) = 8000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{12} \times l$$

$$h = \frac{1}{12} \times 8000 \text{ mm}$$

$$h = 666,7 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah 700 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 700$$

$$b = 466,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah 400 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013
Pasal 21.5.1

$$bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} \geq 0,3 \times 700, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} \geq 210 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

○ **TB2**

$$\text{Bentang } (l) = 8000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{12} \times l$$

$$h = \frac{1}{12} \times 8000 \text{ mm}$$

$$h = 666,7 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah 700 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 700$$

$$b = 466,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah
400 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013

Pasal 21.5.1

$$b_w \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} \geq 0,3 \times 700, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} \geq 210 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

○ **TB3**

$$Bentang (l) = 8000 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{12} \times l$$

$$h = \frac{1}{12} \times 8000 \text{ mm}$$

$$h = 666,7 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah
700 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 700$$

$$b = 466,7 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah
400 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013

Pasal 21.5.1

$$bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} \geq 0,3 \times 700, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} \geq 210 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

○ **TB4**

$$Bentang (l) = 5200 \text{ mm}$$

$$h = \frac{1}{12} \times l$$

$$h = \frac{1}{12} \times 5200 \text{ mm}$$

$$h = 433,3 \text{ mm}$$

Maka tinggi balok rencana yang digunakan adalah
500 mm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 500$$

$$b = 333,3 \text{ mm}$$

Maka lebar balok rencana yang digunakan adalah
300 mm

➤ Syarat dimensi penampang SNI 2847:2013

Pasal 21.5.1

$$bw \geq 0,3h, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mm} \geq 0,3 \times 500, \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$3000 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm atau } 250 \text{ mm}$$

(Memenuhi)

4.4.2 Dimensi kolom

Perhitungan rencana dimensi kolom dilakukan dengan menghitung kebutuhan dimensi kolom terhadap beban aksial yang dipikulnya. Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.8 komponen struktur yang memiliki nilai $K_{LL}A_T \geq 37,16 \text{ m}^2$ diijinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 3.10.

- **Kolom tengah**

$$A_T = 8 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 64 \text{ m}^2$$

$$K_{LL}A_T = 64 \times 4 = 256 \text{ m}^2$$

Maka, $256 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2$ (beban hidup boleh direduksi)

1. Reduksi beban hidup plat lantai

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \geq 0,4L_o$$

$$L = 250 \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{256}} \right) \geq 0,4 \times 250$$

$$L = 250 \times (0,536) \geq 0,4 \times 250$$

$$L = 134 \text{ kg/m}^2 \geq 100 \text{ kg/m}^2$$

Jadi beban hidup plat untuk perhitungan elemen kolom tengah adalah sebesar 134 kg/m^2 .

2. Reduksi beban hidup plat lantai helipad

Karena menurut tabel 4-1 SNI 1727:2013 beban hidup lantai helipad tidak boleh direduksi, maka dalam perhitungan dimensi komponen kolom tetap menggunakan beban sebesar $2,87 \text{ kN/m}^2$.

Lantai ruang :

Berat sendiri plat	: $0.12\text{m} \times 8\text{m} \times 8\text{m} \times 24\text{KN/m}^3$	= 184.32 KN
Berat balok induk	: $0.4\text{m} \times 0.7\text{m} \times 16\text{m} \times 24\text{KN/m}^3$	= 107.52 KN
Berat balok anak	: $0.25\text{m} \times 0.4\text{m} \times 16\text{m} \times 24\text{KN/m}^3$	= 38.4 KN
Berat dinding	: $16\text{m} \times 4\text{m} \times 1,15\text{KN/m}^2$	= 73.6 KN
Berat finishing lantai	: $8\text{m} \times 8\text{m} \times 1,05\text{KN/m}^2$	= 67.2 KN
Berat sendiri kolom	: $0.8\text{m} \times 0.8\text{m} \times 4\text{m} \times 24\text{KN/m}^3$	= 61.44 KN
		532.48 KN

Beban hidup lantai : $8\text{m} \times 8\text{m} \times 1,29\text{KN}$ (Hasil reduksi) = **82.56 KN**

Beban ultimate 1.2D + 1.6L = **771.072 KN**

Lantai atap helipad :

Berat sendiri plat	: $0.20\text{m} \times 8\text{m} \times 8\text{m} \times 24\text{KN/m}^3$	= 307.2 KN
Berat balok induk	: $0.4\text{m} \times 0.7\text{m} \times 16\text{m} \times 24\text{KN/m}^3$	= 107.52 KN
Berat balok anak	: $0.25\text{m} \times 0.4\text{m} \times 32\text{m} \times 24\text{KN/m}^3$	= 76.8 KN
Berat finishing atap	: $8\text{m} \times 8\text{m} \times 1\text{KN/m}^2$	= 64 KN
		555.52 KN

Beban hidup helipad : $8\text{m} \times 8\text{m} \times 2,87\text{KN/m}^2$ = **183.68 KN**

Beban ultimate 1.2D + 1.6L = **960.512 KN**

Maka dimensi rencana untuk kolom tengah lantai dasar dapat dihitung sebagai berikut :

$P = \text{Jumlah lantai dipikul} \times \text{beban ultimate}$

$$P = (8 \times 771,072 \text{ kN}) + (1 \times 960,512 \text{ kN})$$

$$P = 7129,088 \text{ kN}$$

Mutu beton = 30 MPa

$$\text{Dimensi : } A = \frac{P}{0,3f'_c}$$

$$\text{Dimensi : } A = \frac{7129,088 \text{ kN}}{0,3 \times 30} = 792120,89 \text{ mm}^2$$

$$b = \sqrt{A} = \sqrt{792120,89 \text{ mm}^2} = 890,01 \text{ mm}$$

Jadi, untuk rencana dimensi kolom tengah lantai dasar adalah 900x900.

- **Kolom tepi**

$$A_T = 8 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$$

$$K_{LL}A_T = 20 \times 4 = 80 \text{ m}^2$$

Maka, $80 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2$ (beban hidup boleh direduksi)

1. Reduksi beban hidup plat lantai

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \geq 0,4L_o$$

$$L = 250 \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{80}} \right) \geq 0,4 \times 250$$

$$L = 250 \times (0,761) \geq 0,4 \times 250$$

$$L = 190,25 \text{ kg/m}^2 \geq 100 \text{ kg/m}^2$$

Jadi beban hidup plat untuk perhitungan elemen kolom tepi adalah sebesar $190,25 \text{ kg/m}^2$.

2. Reduksi beban hidup plat lantai atap

Reduksi beban hidup plat lantai atap (L_r) berdasarkan nilai $A_T = 20 \text{ m}^2$, maka :

$$R_1 = 1,2 - 0,011 A_T = 1,2 - 0,011 \times 20 = 0,98$$

$$R_2 = 1 \quad (F < 4)$$

$$L_r = L_o R_1 R_2 = 100 \times 0,98 \times 1 = 98 \text{ kg/m}^2$$

Jadi beban hidup plat atap untuk perhitungan elemen kolom tepi adalah sebesar 98 kg/m^2

Lantai ruang :

Berat sendiri plat	: 0.12m x 8m x 2.5m x 24KN/m ³	=	92.16 KN
Berat balok induk	: 0.4m x 0.7m x 12m x 24KN/m ³	=	80.64 KN
Berat balok anak	: 0.25m x 0.4m x 8m x 24KN/m ³	=	19.2 KN
Berat dinding	: 12m x 4m x 1,15KN/m ²	=	55.2 KN
Berat finishing lantai	: 8m x 2.5m x 1,05KN/m ²	=	33.6 KN
Berat sendiri kolom	: 0.7m x 0.7m x 4m x 24KN/m ³	=	47.04 KN
			327.84 KN

Beban hidup lantai : 8m x 2.5m x 1,83KN (Hasil reduksi) = **36.6 KN**

Beban ultimate 1.2D + 1.6L = **451.968 KN**

Lantai atap helipad :

Berat sendiri plat	: 0.20m x 8m x 4m x 24KN/m ³	=	96 KN
Berat balok induk	: 0.4m x 0.7m x 12m x 24KN/m ³	=	80.64 KN
Berat balok anak	: 0.25m x 0.4m x 16m x 24KN/m ³	=	38.4 KN
Berat finishing atap	: 8m x 4m x 1KN/m ²	=	20 KN
			235.04 KN

Beban hidup atap : 8m x 4m x 0,941KN/m² = **18.82 KN**

Beban ultimate 1.2D + 1.6L = **312.16 KN**

Maka dimensi rencana untuk kolom tepi lantai dasar dapat dihitung sebagai berikut :

$$P = \text{Jumlah lantai dipikul} \times \text{beban ultimate}$$

$$P = (8 \times 451,968 \text{ kN}) + (1 \times 312,16 \text{ kN})$$

$$P = 3927,904 \text{ kN}$$

$$\text{Mutu beton} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Dimensi : } A = \frac{P}{0,3f'c}$$

$$\text{Dimensi : } A = \frac{3927,904 \text{ kN}}{0,3 \times 30} = 436433,8 \text{ mm}^2$$

$$b = \sqrt{A} = \sqrt{436433,8 \text{ mm}^2} = 660,6 \text{ mm}$$

Jadi, untuk rencana dimensi kolom tepi lantai dasar adalah 700x700.

Dengan mengikuti perhitungan diatas, maka resume untuk rencana dimensi kolom pada setiap lantai adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4.1 Dimensi kolom

Lantai	Tipe Kolom	
	Tengah	Tepi
Dasar	K1 90x90	K4 60x60
1	K1 90x90	K4 60x60
2	K2 80x80	K4 60x60
3	K2 80x80	K4 60x60
4	K3 70x70	K4 60x60
5	K3 70x70	K4 60x60
6	K4 60x60	K4 60x60
7	K4 60x60	K4 60x60
Atap	K4 60x60	K4 60x60

4.5 Analisa Struktur

4.5.1 Pemodelan struktur

A. Besaran massa

Besaran massa elemen struktur (mass source) adalah massa struktur pada SAP 2000 yang digunakan pada perhitungan massa untuk analisa modal menggunakan pilihan ketiga dimana berat sendiri akan

dihitung oleh struktur sedangkan beban-beban tambahan ditambahkan dengan pembesaran yang sesuai dengan jenis bebannya. Massa-massa beban yang dimasukkan adalah:

Superdead : Multiplier 1.0

Live : Multiplier 0.3

B. Pembebanan gempa dengan respon spectrum

Pembebanan response spectrum pada SAP 2000 dengan menggunakan skala pembesaran bebannya diambil dari formulasi perumusan sebagai berikut :

$$LoadFactor = \frac{I}{R} g = \frac{1,5}{8} (9.8) = 1.838$$

Load factor tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga factor pembesaran beban pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau adalah $0.3 \times 1.838 = 0.551$

C. Pendefinisian modal analisis

Analisis modal menggunakan SAP 2000 diambil sebanyak 30 Mode Shape untuk menjamin partisipasi massa struktur lebih dari 90 %. Dalam hal ini

partisipasi massa dari struktur diambil 99% terhadap gaya lateral kearah X dan kearah Y.

4.5.2 Kontrol periode alami struktur

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang kurang kaku. Adapun perhitungan perioda fundamental (T_a) adalah ditentukan oleh persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan :

h_n : ketinggian struktur (36,5 m)

C_t : parameter pendekatan tipe struktur (rangka beton pemikul momen sebesar 0.0466)

x : parameter pendekatan tipe struktur (rangka beton pemikul momen sebesar 0.9)

Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x
(SNI 1726-2012, Tabel 14)

Tipe struktur	C_t	X
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung
(SNI 1726-2012, Tabel 15)

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Periode fundamental struktur pendekatan,

$$T_a = C_t h_n^x \text{ detik}$$

$$T_a = 0,0466 \times 36,5^{0,9} \text{ detik}$$

$$T_a = 1,187 \text{ detik}$$

dengan batas atas periode fundamental struktur sebesar,

$$T_{a \text{ atas}} = C_u \times T_a$$

$$C_u = 1,4 \text{ (karena } S_{D1}=0,409)$$

Maka nilai batas atas periode fundamental struktur adalah:

$$T_{a \text{ atas}} = 1,4 \times 1,187 \text{ detik}$$

$$T_{a \text{ atas}} = 1,662 \text{ detik}$$

Sedangkan periode yang didapatkan dari alat bantu pemodelan struktur dalam kondisi uncracked adalah sebesar $T_c = 1,492$ detik. Sehingga periode fundamental

struktur yang didapatkan dari alat bantu pemodelan struktur tersebut sudah memenuhi syarat.

$$1,187 \text{ detik} < 1,492 \text{ detik} < 1,662 \text{ detik}$$

4.5.3 Kontrol gaya gempa dasar dinamis

Kontrol gaya gempa dasar dinamis struktur bertujuan untuk melihat kesesuaian gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan respon sespectrum dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726-2012.

Dari analisa modal, didapatkan perioda fundamental alami struktur sebesar 1,492 detik, karena perioda fundamental alami struktur sudah melebihi T_s , maka perhitungan C_s mengikuti persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

Maka nilai koefisien reson seismic adalah:

$$C_s = \frac{0,409}{1,492 \left(\frac{8}{1,5} \right)}$$

$$C_s = 0,051399$$

Namun nilai tersebut harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e$$

$$C_s = 0,044 \times 0,777 \times 1,5$$

$$C_s = 0,051282$$

Jadi menggunakan besaran $C_s = 0,051399$

Uncracked

$T = 1.492$ detik (waktu getar)

$C_s = 0.051399$ (koefisien respons seismik-Semarang)

$W_t = 202672,63$ kN

Maka nilai gaya gempa dasar adalah :

$$V_{static} = C_s W_t$$

$$V_{static} = 0,051399 \times 202672,63 \text{ kN}$$

$$V_{static} = 10417,20 \text{ kN}$$

$$0,85 V_{static} = 8854,62 \text{ kN}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP 2000 didapatkan sebesar 8411,74 kN untuk arah x dan 8595,07 kN Ton untuk arah y.

Sehingga ketentuan $V_{base\ shear} > 0,85 V_{static}$ belum memenuhi dan diperlukan skala perbesaran gempa sebesar,

$$f_{sx} = \frac{8854,62}{8411,74} = 1,053 \text{ untuk gempa arah x}$$

$$f_{sy} = \frac{8854,62}{8595,07} = 1,030 \text{ untuk gempa arah y}$$

Setelah skala perbesaran tersebut dimasukkan kedalam SAP2000, maka didapatkan nilai gaya gempa dasar baru yaitu 8855,66 kN arah x dan 8856,95 kN untuk arah y.

4.5.4 Kontrol simpangan antar lantai

Gaya gempa akan menghasilkan simpangan struktur dalam arah lateral. Dalam perencanaan struktur, simpangan lateral antar lantai (*story drift*) harus selalu diperiksa untuk menjamin stabilitas struktur. Penentuan simpangan antar lantai tingkat (Δ) dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat masa. Defleksi tersebut harus dihitung sesuai persamaan:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

C_d : faktor pembesaran defleksi

δ_{xe} : defleksi pada lokasi lantai yang ditinjau

I_e : faktor keutamaan struktur

Untuk system penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang dirancang dalam kategori desain D, simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi Δ_a/ρ untuk semua tingkat.

Besarnya Δ_a ditentukan dalam tabel 16 SNI 1726:2012. Dalam tugas akhir ini, syarat yang harus digunakan adalah persamaan berikut:

$$\Delta_a = 0,010 h_{sx}$$

h_{sx} adalah tinggi tingkat dibawah tingkat x.

Tabel 4.4.2 Simpangan lantai arah X

ARAH-X						
TINGKAT	δx_e	δx	h_{sx}	Δx	$\Delta a/p$	Ket.
	mm	mm	mm	mm	mm	
LT-DASAR	0	0	0	0	0	
LT-1	5.335	19.56	5000	19.56	38.46	SAFE
LT-2	11.564	42.40	4000	22.84	30.77	SAFE
LT-3	18.352	67.29	4000	24.89	30.77	SAFE
LT-4	24.739	90.71	4000	23.42	30.77	SAFE
LT-5	30.849	113.11	4000	22.40	30.77	SAFE
LT-6	36.012	132.04	4000	18.93	30.77	SAFE
LT-7	40.639	149.01	4000	16.97	30.77	SAFE
LT-8	43.790	160.56	4000	11.55	30.77	SAFE
LT-ATAP	44.377	162.72	3500	2.15	26.92	SAFE

Tabel 4.4.3 Simpangan lantai arah Y

ARAH-Y						
TINGKAT	δx_e	δx	h_{sx}	Δx	Δa	Ket.
	mm	mm	mm	mm	mm	
LT-DASAR	0	0	0	0	0	
LT-1	6.194	22.71	5000	22.71	38.46	SAFE
LT-2	14.059	51.55	4000	28.84	30.77	SAFE
LT-3	22.379	82.06	4000	30.51	30.77	SAFE
LT-4	30.096	110.35	4000	28.30	30.77	SAFE
LT-5	37.303	136.78	4000	26.43	30.77	SAFE

LT-6	43.344	158.93	4000	22.15	30.77	SAFE
LT-7	48.616	178.26	4000	19.33	30.77	SAFE
LT-8	52.176	191.31	4000	13.05	30.77	SAFE
LT-ATAP	53.590	196.50	3500	5.18	26.92	SAFE

4.6 Perhitungan Elemen Struktur

4.6.1 Perhitungan pelat

A. Data penampang dan material

Bentang Pendek (L_x)	: 4000 mm
Bentang Panjang (L_y)	: 4000 mm
Tebal Pelat (h)	: 120 mm
Mutu Beton (f_c')	: 29 MPa
Mutu Baja (f_y)	: 390 MPa
<i>Cover</i> (t)	: 20 mm
b	: 1000 mm
β_1	: 0.83
D Tulangan Lentur	: 13 mm
\emptyset Tulangan Susut	: 8 mm

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek pelat:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4000 \text{ mm}}{4000 \text{ mm}} = 1 < 2.00$$

Maka tipe pelat S1 termasuk dalam pelat 2 arah (*two way slab*).

Rasio kekakuan balok terhadap pelat:

$$am = 33,7 \geq 2$$

Maka pelat termasuk dalam pelat yang kaku atau Terjepit Penuh.

B. Pembebanan Pelat Lantai

Pelat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan yaitu sebesar :

1. Beban Mati (D)

$$\text{Berat sendiri} = 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Tambahan} = 157 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Hidup (L)

$$\text{Beban hidup } (Lo) = 250 \text{ kg/m}^2$$

3. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} Qu &= 1,2 D + 1,6 L + 0,5(Lr \text{ atau } R) \\ &= (1,2 \times 445) + (1,6 \times 250) \\ &= 1014 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Momen-momen pelat:

Karena pelat yang dihitung berbentuk persegi, maka momen yang terjadi untuk arah X dan Y adalah sama.

Momen total statistik arah X dan Y.

$$Mo = \frac{qu \times ly \times ln^2}{8} = \frac{1014 \times 4 \times 3,6^2}{8} = 6570 \text{ kgm}$$

Pembagian momen total

Daerah tumpuan

$$Mn = \text{koef. momen negatif} \times \text{koef. momen tump} \times Mo$$

$$Mn = 0,65 \times 0,75 \times 6570 = 3203,23 \text{ kgm}$$

Daerah lapangan

$$Mp = \text{koef. momen positif} \times \text{koef. momen lapangan} \times Mo$$

$$Mp = 0,35 \times 0,4 \times 6570 = 919,90 \text{ kgm}$$

Karena dalam perhitungan ini akan menggunakan momen persatuan lebar (per 1000 mm), maka momen total tersebut dibagi dengan lebar lajur masing-masing.

$$\text{Lebar lajur tumpuan} = 2 \times \frac{1}{4} \times L = 2 \times \frac{1}{4} \times 4 = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar lajur lapangan} = \frac{2}{4} \times L = \frac{2}{4} \times 4 = 2 \text{ m}$$

Maka momen yang digunakan untuk perhitungan adalah sebagai berikut :

$$Mtx = \frac{Mn}{2} = \frac{3203,23}{2} = 1601,61 \text{ kgm/m}$$

$$Mty = \frac{Mn}{2} = \frac{3203,23}{2} = 1601,61 \text{ kgm/m}$$

$$Mlx = \frac{Mp}{2} = \frac{919,90}{2} = 459,95 \text{ kgm/m}$$

$$Mly = \frac{Mp}{2} = \frac{919,90}{2} = 459,95 \text{ kgm/m}$$

Karena pelat memiliki dua arah tulangan utama yang berbeda arah (x dan y) maka tinggi efektif dari pelat adalah:

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat (h)} - \text{Cover (t)} - 1/2 D \text{ tulangan} \\ &= 93,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat (h)} - \text{Cover (t)} - D - 1/2 D \text{ tulangan} \\ &= 80,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

C. Penulangan

Penulangan tumpuan

Tumpuan Arah X

Faktor momen pemikul (dengan asumsi penmpang terkendali tarik

$\varphi = 0,9$) sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps. 9.3.2.1)

$$M_{tx} = 1601,61 \text{ } kgm$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{M_u}{\varphi b d^2} = \frac{1601,61 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 93,5^2} = 2,036 \text{ } N/mm^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 2,036}{390}} \right) \\ &= 0,0055 \end{aligned}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0055 \times 1000 \times 93,5 = 510,03 \text{ } mm^2$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps

7.12.2.1

$$\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0055 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D13-200 dengan A_s aktual 663,66 mm^2

Tumpuan Arah Y

Faktor momen pemikul (dengan asumsi penmpang terkendali tarik

$\varphi = 0,9$) sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps. 9.3.2.1)

$$M_{ty} = 1601,61 \text{ } kgm$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{1601,61 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 80,5^2} = 2,746 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 2,746}{390}} \right) \\ &= 0,0075 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0075 \times 1000 \times 80,5 = 602,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps 7.12.2.1

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0075 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D13-200 dengan A_s aktual 663,66 mm²

Lapangan Arah X

Faktor momen pemikul (dengan asumsi penmpang terkendali tarik $\phi = 0,9$) sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps. 9.3.2.1)

$$M_{tx} = 459,95 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{459,95 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 93,5^2} = 0,585 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 0,585}{390}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,0018 \text{ (minimum)}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 93,5 = 168,30 \text{ mm}^2$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps 7.12.2.1

$$\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0018 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D13-200 dengan A_s aktual 663,66 mm²

Lapangan Arah Y

Faktor momen pemikul (dengan asumsi penmpang terkendali tarik $\varphi = 0,9$) sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps. 9.3.2.1)

$$M_{tx} = 459,95 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{M_u}{\varphi b d^2} = \frac{459,95 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 80,5^2} = 0,585 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 0,585}{390}} \right) \\ &= 0,0021 \text{ (} \end{aligned}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0021 \times 1000 \times 80,5 = 165,47 \text{ mm}^2$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps 7.12.2.1

$$\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0021 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D13-200 dengan A_s aktual 663,66 mm²

Kontrol jarak tulangan terhadap retak

Spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi syarat pada *SNI-03-2847-2013 Ps.10.6.4*

$Cc = 33 \text{ mm}$ (jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik)

$$F_s = 2/3 \times f_y = 2/3 \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

$$S = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 Cc = 380 \left(\frac{280}{260} \right) - 2,5 \times 33$$

$$= 326,73 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

$$S_{\max} = 300 (280/f_s) = 300 (280/260)$$

$$= 323,08 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

Kontrol lendutan

Lendutan maksimum yang diijinkan dalam *SNI-03-2847-2013 Ps.9.5.3.1* tabel 9.5(b) untuk pelat lantai untuk lendutan seketika akibat beban hidup (LL) adalah :

$$\delta_{\text{ijin}} = \frac{l}{360} = \frac{4000}{360} = 11,11 \text{ mm}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \sqrt{29} = 253103 \text{ Mpa}$$

$$Q = 1DL + 1LL$$

$$= 445 + 300$$

$$= 745 \text{ kg/m}^2$$

$$I = 1/12 b h^3 = 1/12 \times 1000 \times 120^3 = 1,44 \times 10^8$$

$$\delta^o = \left(\frac{5}{384} \times \frac{Q \times L^4}{EI} \right) = \left(\frac{5}{384} \times \frac{745 \times 4^4}{253103 \times 1,44 \times 10^8} \right)$$

$$= 9,68 \text{ mm} < \delta_{\text{ijin}} = 11,11 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

Perhitungan tulangan susut dan suhu (tulangan bagi)

Didapatkan $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ untuk $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$A_s \text{ susut} = 0,0018 \times b \times d$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 93,5$$

$$= 168,3 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan susut

$$S < 5h = 5 \times 120 = 600 \text{ mm}$$

$$S \leq 450 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan susut $D8 - 250 \text{ mm}$ dengan A_s aktual adalah $201,06 \text{ mm}^2$.

Tabel 4. 1 Penulangan Pelat Lantai

Lokasi		Tulangan
Tump. X	Utama	d 13 - 200
	Susut	d 8 - 250
Lap. X	Utama	d 13 - 200
	Susut	d 8 - 250
Tump. X	Utama	d 13 - 200
	Susut	d 8 - 250
Lap. X	Utama	d 13 - 200
	Susut	d 8 - 250

4.6.2 Perhitungan elemen tangga

Perencanaan tangga

- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Tebal Rencana Pelat Tangga = 15 cm
- Tebal Rencana Pelat Bordes = 15 cm
- Panjang datar tangga = 300 cm
- Lebar tangga = 185 cm
- Lebar bordes = 407 cm
- Panjang Bordes = 239 cm
- Tinggi Bordes = 200 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi injakan (i) = 16,7 cm

Syarat kemiringan tangga :

$$a = 29$$

$$25^{\circ} < a < 40^{\circ}$$

$$25^{\circ} < 29^{\circ} < 40^{\circ} \text{ (OK)}$$

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 16,7 + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} < (63,4) < 65 \text{ cm (OK)}$$

Dimana :

t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

Tebal efektif pelat tangga :

$$\text{Luas } \Delta 1 = 0,5 \times i \times t = 0,5 \times 30 \text{ cm} \times 16,7 \text{ cm} = 250,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Luas } \Delta 2 &= 0,5 (i_2 + t_2)^{0,5} \cdot d \\ &= 0,5 \times ((30)^2 + (16,7)^2)^{0,5} d \\ &= 17,16d\end{aligned}$$

$$\text{Luas } \Delta 1 = \text{Luas } \Delta 2$$

$$250,5 \text{ cm}^2 = 17,16 d$$

$$d = 14,6 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal efektif plat} = \text{tebal plat} + 0,5d$$

$$= 22,3 \text{ cm}$$

Perhitungan tulangan bordes arah X

$$M_{tx} = 2749 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{2749 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 92^2} = 3,609 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 3,609}{390}} \right) \\ &= 0,0101\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0101 \times 1000 \times 92 = 1124,09 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps

7.12.2.1

$$\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0101 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D16-150 dengan A_s aktual 1340,41 mm²

$$M_{lx} = 2722,54 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{2722,54 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 92^2} = 3,574 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 3,574}{390}} \right) \\ &= 0,0099 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0099 \times 1000 \times 76 = 755,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps 7.12.2.1

$$\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0099 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D16-150 dengan A_s aktual 1340,41 mm²

Perhitungan tulangan bordes arah Y

$$M_{ty} = 2392 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{2392 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 92^2} = 3,140 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 3,140}{390}} \right) \\ &= 0,0086 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0086 \times 1000 \times 92 = 795,10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps 7.12.2.1

$$\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0086 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D16-150 dengan A_s aktual 1340,41 mm²

$$M_{ly} = 2400,79 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{2400,79 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 92^2} = 3,152 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 3,152}{390}} \right) \\ &= 0,0087 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0087 \times 1000 \times 76 = 659,43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps 7.12.2.1

$$\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0099 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D16-150 dengan A_s aktual 1340,41 mm²

Perhitungan tulangan tangga arah X

$$M_{tx} = 2083 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{2083 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 92^2} = 2,734 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 2,734}{390}} \right) \\ &= 0,0101 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0101 \times 1000 \times 92 = 924,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps 7.12.2.1

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0101 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D16-150 dengan A_s aktual 1340,41 mm²

$$M_{lx} = 2813 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{2813 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 92^2} = 3,693 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 3,693}{390}} \right) \\ &= 0,0103 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0103 \times 1000 \times 76 = 1253,02 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps 7.12.2.1

$$\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0099 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D16-150 dengan As aktual 1340,41 mm²

Perhitungan tulangan tangga arah Y

$$M_{ty} = 2193 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{2193 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 92^2} = 2,879 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 3,140}{390}} \right) \\ &= 0,0086 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0086 \times 1000 \times 92 = 795,10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps 7.12.2.1

$$\rho_{\min} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0086 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D16-150 dengan As aktual 1340,41 mm²

$$M_{ly} = 2563 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{2400,79 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 92^2} = 3,152 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 3,152}{390}} \right) \\
 &= 0,0087
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0087 \times 1000 \times 76 = 659,43 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek syarat minimum tulangan sesuai dengan SNI 2847 2013 Ps 7.12.2.1

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018 \leq \rho_{\text{perlu}} = 0,0099 \text{ (OK)}$$

Direncanakan pasang D16-150 dengan A_s aktual 1340,41 mm²

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

4.6.3 Perhitungan elemen sloof

A. Data penampang dan material

- Tipe sloof : SL2
- Frame label : 81
- Lebar sloof (b) : 300 mm
- Tinggi sloof (h) : 700 mm
- Bentang sloof (L) : 8000 mm
- Bentang bersih sloof (L_n) : 7100 mm
- Tebal selimut beton : 60 mm
- Φ Tulangan longitudinal rencana : 22 mm
- Φ Tulangan transversal rencana : 13 mm
- Φ Tulangan penahan torsi rencana : 16 mm
- Mutu beton (f'_c) : 29 MPa
- Mutu tulangan longitudinal (f_y) : 390 MPa
- Mutu tulangan geser (f_{yt}) : 390 MPa
- Asumsi tinggi efektif (d)

$$d = h - \text{selimut} - \phi_{\text{tul.transv}} - 1/2 \phi_{\text{tul.longi}}$$

$$d = 700 - 40 - 13 - 11 = 636 \text{ mm}$$

- Asumsi jarak serat tekan (d')

$$d' = \text{selimut} + \phi_{\text{tul.transv}} + 1/2 \phi_{\text{tul.longi}}$$

$$d' = 40 + 13 + 11 = 64 \text{ mm}$$

- Perhitungan β_1

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \times 0,05$$

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{29-28}{7} \right) \times 0,05$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,0071 = 0,8429$$

B. Gaya dalam terfaktor

Dari analisa menggunakan program bantu SAP2000, didapatkan gaya dalam terfaktor sebagai berikut :

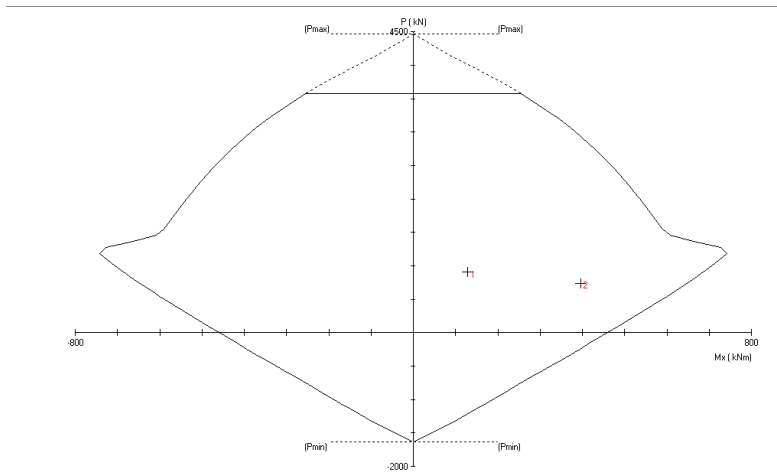
Pu max dari kolom yang mengapit = 7406 kN

Gaya tarik Pn yang terjadi pada sloof adalah 10% Pu max, jadi :

$$10\% \text{ Pu max} = 10\% \times 7406 \text{ kN} = 740,6 \text{ kN}$$

$$\text{Mu max} = 396 \text{ kNm}$$

Direncanakan tulangan tarik 6D22 dan tulangan tekan 6D22.



Berdasarkan output alat bantu SPCOL diketahui bahwa dengan tulangan tarik 6D22 dan tulangan tekan 6D22 penampang sloof dapat menahan gaya aksial dan momen yang terjadi.

As pasang tarik = As pasang tekan

$$A_s = n \times 0,25 \times \pi \times d \times d$$

$$A_s = 6 \times 0,25 \times \pi \times 22 \times 22$$

$$A_s = 2280,8 \text{ mm}^2$$

C. Perhitungan geser

- Perhitungan Probable Moment Capacities (M_{pr})

$$a_{pr1} = \frac{1,25A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{1,25 \times 2280,8 \times 390}{0,85 \times 29 \times 300} = 150,36 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = 1,25A_s f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right)$$

$$M_{pr1} = 1,25 \times 2280,8 \times 390 \times \left(636 - \frac{150,36}{2} \right)$$

$$M_{pr1} = 594,55 \text{ kN} - \text{m}$$

Karena jumlah tulangan atas dan bawah sama, maka M_{pr2} hasilnya sama yaitu 594,66 kN-m.

- Perhitungan gaya geser desain (V_e)

$$V_{e1} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} + V_g$$

$$V_{e1} = \frac{594,66 + 594,66}{7,1} + 185 = 352,51 \text{ kN}$$

$$V_{e2} = \frac{594,66 + 594,66}{7,1} - V_g$$

$$V_{e2} = \frac{594,66 + 594,66}{7,1} - 185 = 17,49 \text{ kN}$$

Maka diambil nilai yang menentukan yaitu 352,51 kN.

- Kontrol syarat untuk nilai kontribusi beton (V_c)

$$1. \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \geq \frac{1}{2} V_e$$

$$\frac{594,66 + 594,66}{7,1} \geq \frac{1}{2} \times 352,51 \text{ kN}$$

$$166 \geq 175,25 \text{ kN (Tidak Memenuhi)}$$

$$2. P_u \leq A_g f'_c / 20$$

$$110 \leq 400 \times 700 \times 30 / 20$$

$$110 \leq 420000 \text{ (Memenuhi)}$$

Karena kedua syarat tidak terpenuhi, maka nilai V_c diperhitungkan.

- Perhitungan kebutuhan tulangan sengkang daerah l_o

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - v_c = \frac{352,51}{0,75} - 171,25 = 298,77 \text{ kN}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d} = \frac{298,77 \times 10^3}{390 \times 636} = 1,256 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Direncanakan menggunakan sengkang tertutup 2 kaki.

$$A_{vt} = 0,25\pi d^2 \times n = 0,25 \times \pi \times 13^2 \times 2 = 265,46 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_{vt}}{1,256} = \frac{265,46}{1,256} = 135,44 \text{ mm}$$

Jadi, sengkang pada daerah l_o digunakan sengkang D13-130.

- Kontrol spasi sengkang daerah l_o

$$\text{Syarat 1} = \frac{d}{4} = \frac{610}{4} = 152,5 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat 2} = 6d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat 3} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat 4} = \frac{P_h}{8} = \frac{1828}{8} = 228,5 \text{ mm}$$

Jadi spasi rencana sengkang sudah memenuhi semua syarat spasi maksimum.

- Perhitungan kebutuhan tulangan sengkang diluar daerah l_o

$$w_u = \frac{2V_g}{ln} = \frac{2 \times 185}{7,1} = 52,11 \text{ kN/m}$$

$$V_e = V_{elo} - (2hw_u) = 352,51 - (2 \times 700 \times 52,11)$$

$$V_e = 279,55 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} bd = \frac{1}{6} \sqrt{29} \times 300 \times 636 = 164,25 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - v_c = \frac{279,55}{0,75} - 164,25 = 208,49 \text{ kN}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d} = \frac{208,49 \times 10^3}{390 \times 636} = 0,876 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Direncanakan menggunakan sengkang tertutup 2 kaki.

$$A_{vt} = 0,25\pi d^2 \times n = 0,25 \times \pi \times 13^2 \times 2 = 265,46 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_{vt}}{0,876} = \frac{265,46}{0,876} = 167,95 \text{ mm}$$

Jadi, sengkang diluar daerah l_o digunakan sengkang D13-150.

- Kontrol spasi sengkang diluar daerah *lo*

$$\text{Syarat 1} = \frac{d}{2} = \frac{610}{2} = 305 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat 2} = \frac{P_h}{8} = \frac{1828}{8} = 228,5 \text{ mm}$$

Jadi spasi rencana sengkang sudah memenuhi semua syarat spasi maksimum.

4.6.4 Perhitungan elemen balok anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi/pendistribusi beban. Dalam perencanaan struktur gedung MAPOLDA Jawa Tengah ini dimensi balok anak yang digunakan adalah 30/60 dengan bentang 8 m, dan perhitungan disain juga dilakukan sesuai SNI 2847:2013.

Data Perencanaan Balok Anak

Mutu bahan yang digunakan untuk perencanaan balok anak sesuai dengan preliminary desain sebagai berikut :

- Mutu beton (f'_c) = 29 MPa
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa (Ulir)
= 240 MPa (Polos)
- Dimensi balok anak = (b) = 300 mm
(h) = 600 mm
- Selimut beton (d) = 40 mm
- d' = $600 - 40 - 10 - 16/2$
= 542 mm

Pembebanan Balok Anak

Beban pada balok anak dapat dilihat pada gambar 5.16 dimana pada gambar tersebut ditunjukkan beban terbagi rata tributary area pada kedua sisi balok akibat pelat yang membebani dikedua sisinya. Maka untuk

mendapatkan beban merata pada balok akibat beban tributary area digunakan rumus q_{ekv} .

$$q_{ekv} \text{ untuk trapesium : } \frac{1}{2} \times q_{pelat} \times lx \left(1 - \frac{1}{3} \times \frac{lx^2}{ly^2} \right)$$

- **Beban Mati**

Beban mati yang membebani balok anak berasal dari tiga beban yaitu berat sendiri balok anak, berat pelat tributary area dan berat dinding yang menumpu pada balok anak (bila ada dinding).

1. **Berat Sendiri Balok**

$$\begin{aligned} q_{BA} &= b \times h \times BJ \\ &= 0,3 \times (0,6-0,12) \times 2400 \\ &= 345,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. **Berat Dinding,**

$$q_{Dinding} = 250 \text{ kg/m}$$

3. **Berat Anak BA2**

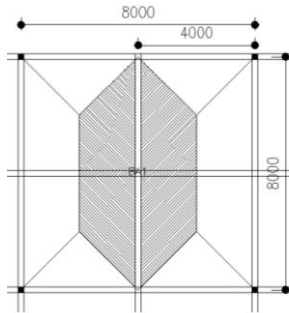
$$\begin{aligned} q_{BA} &= b \times h \times BJ \\ &= 0,3 \times (0,5-0,12) \times 2400 \\ &= 273,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

4. **Berat Pelat Tributary Area**

$$q_{PL} = 445 \text{ kg/m}^2 \text{ (didapat dari perhitungan pelat)}$$

$$\begin{aligned} q_{ekv} &= \frac{1}{2} \times q_{pelat} \times lx \left(1 - \frac{1}{3} \times \frac{lx^2}{ly^2} \right) \\ &= \frac{1}{2} \times 445 \times 4 \left(1 - \frac{1}{3} \times \frac{4^2}{8^2} \right) \\ &= 1631,7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Jadi beban mati total q_{DL} didapatkan dari penjumlahan ketiga beban diatas. Dimana nilai $q_{DL} = 4133 \text{ kg/m}'$.



Gambar 5.1 Denah Lokasi Balok Anak

- **Beban Hidup**

Beban hidup pada balok anak didapat dari perhitungan beban hidup pelat lantai sebelumnya, dimana beban tersebut berdasarkan fungsi ruang lantai apartement dan mengacu pada SNI 1727:2013.

$$q_{LL} = 250 \text{ kg/m}^2 \text{ (perhitungan pelat lantai)}$$

$$\begin{aligned} q_{ekv} &= \frac{1}{2} \times q_{pelat} \times lx \left(1 - \frac{1}{3} \times \frac{lx^2}{ly^2} \right) \\ &= \frac{1}{3} \times 250 \times 4 \left(1 - \frac{1}{3} \times \frac{4^2}{8^2} \right) \\ &= 916,67 \text{ kg/m}' \end{aligned}$$

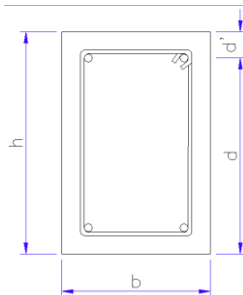
Jadi beban hidup lantai berdasarkan luas tributary area q_{LL} sebesar $2 \times 916,67 = 1833,33 \text{ kg/m}'$.

Penulangan Balok Anak

Penulangan balok anak direncanakan sesuai SNI 1727-2013, dimana dalam perencanaan perhitungan kebutuhan tulangan balok anak ini akan disajikan satu contoh perhitungan untuk balok anak tipe BA-1 saja.

- Data Perencanaan

Dimensi balok anak tipe B1 dapat ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5.2 Dimensi Balok Anak Tipe B-1

- Dimensi balok = 300 x 600 mm²
- Panjang balok = 8000 mm
- Sel. beton (d) = 40 mm
- D Tul. Lentur = 22 mm (As = 380,11 mm²)
- Ø Tul. Geser = 10 mm (As = 78,54 mm²)
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7}$
 $= 0,85 - 0,05 \frac{(29 - 28)}{7}$

$$= 0,834$$

→ Tebal manfaat :

$$d' = h_{\text{balok}} - \text{Sel. beton} - D \text{ Tul.} - \frac{1}{2} D \text{ Tul.}$$

$$= 300 - 40 - 10 - \frac{1}{2}(19)$$

$$= 540,5 \text{ mm}$$

$$d'' = \text{Sel. beton} + D \text{ Tul.} + \frac{1}{2} D \text{ Tul.}$$

$$= 40 + 10 + \frac{1}{2}(19)$$

$$= 59,5 \text{ mm}$$

- Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban yang dipakai dalam perhitungan balok anak ini berdasarkan kombinasi gravity load.

$$Q_u = 1,2DL + 1,6LL$$

$$= (1,2 \times 3883) + (1,6 \times 1833,33)$$

$$= 7592,4 \text{ kg/m'}$$

- Momen pada Balok Anak

Momen rencana pada balok anak dihitung menggunakan metode analisis sesuai dengan pasal 8.3. Adapun beberapa syarat yang harus terpenuhi terlebih dahulu sebelum menghitung momen rencana dengan metode analisis, seperti berikut :

→ Terdapat dua bentang atau lebih

Balok anak pada gedung MAPOLDA Jawa Tengah ini memiliki bentang lebih dari dua.

→ Bentang-bentanganya mendekati sama

Semua bentang balok anak yang ada pada kantor ini memiliki ukuran yang sama yaitu 8m dan 4m.

→ Beban terdistribusi merata

Beban pada balok anak ini terdistribusi merata tributary area pada kedua sisinya atau salah satu sisinya.

→ Syarat beban tak terfaktor

$$q_{LL} \text{ kg/m}^2 \leq 3 \times q_{DL} \text{ kg/m}^2$$

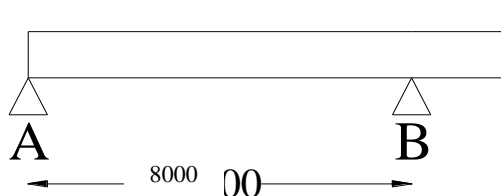
$$1833,3 \text{ kg/m}^2 \leq 3 \times 1631,7 \text{ kg/m}^2$$

$$1833,3 \text{ kg/m}^2 \leq 11577 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi, setelah beberapa syarat diatas terpenuhi maka perhitungan momen rencana dengan menggunakan metode analisis dapat digunakan.

Momen rencana balok anak

Untuk perhitungan momen rencana pada balok anak perletakan diasumsikan sendi-sendi seperti gambar 5.18.



Gambar 5.3 Sketsa Penampang Balok Anak dan Perletakannya

(SNI 03-2847-2013 pasal (9.3.2.3))

$$\begin{aligned}
 L_n &= \text{Bentang bersih balok} \\
 &= 8000 - (2 \times (1/2 \times B_{\text{balok}})) \\
 &= 8000 - (2 \times (1/2 \times 400)) = 7960 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$M_A = \frac{q_U \times L_n^2}{10} = \frac{7892,4 \times 7,96^2}{10} = 48106 \text{ kg.m}$$

$$M_{A-B} = \frac{q_U \times L_n^2}{16} = \frac{7892,4 \times 7,96^2}{16} = 30067 \text{ kg.m}$$

$$M_B = \frac{q_U \times L_n^2}{11} = \frac{7892,4 \times 7,96^2}{11} = 43733 \text{ kg.m}$$

$$V_u = \frac{q_U \times L_n}{2} = \frac{7892,4 \times 7,96}{2} = 30218 \text{ kg}$$

- Perhitungan Kebutuhan Penulangan Transversal

Kebutuhan penulangan balok anak ditinjau tiap per-1m (1000 mm) balok beton.

Tumpuan A

→ Menghitung kebutuhan tulangan awal

Asumsi penampang berada dalam kondisi terkontrol tarik ($\phi = 0,9$).

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{50007 \times 10^2}{0,9 \times 300 \times 540,5^2} = 1,9
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 1,92}{390}} \right)$$

$$= 0,0051$$

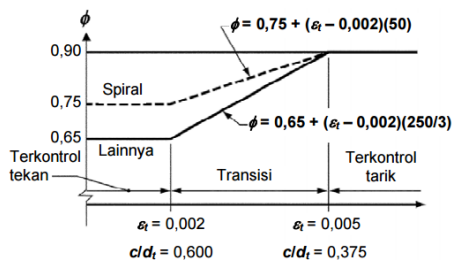
$$As = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0051 \times 300 \times 540,5$$

$$= 2645,5 \text{ mm}^2$$

→ Kontrol kondisi penampang

Kondisi penampang terkontrol tarik dapat dicek dengan gambar 5.19.



Interpolasi pada c/d_t :
 Spiral $\phi = 0,75 + 0,15[(1/(c/d_t)) - (5/3)]$
 Lainnya $\phi = 0,65 + 0,25[(1/(c/d_t)) - (5/3)]$

Gambar 5.4 Zona Batas Regangan dan variasi factor reduksi

kekuatan ϕ dengan regangan tarik Neto ϵ_t

Dimana nilai $c \leq 0,375d_t$ untuk penampang terkontrol tarik.

$$a = \frac{Asx f_y}{0,85x f'_c x b}$$

$$= \frac{2764,3 \times 390}{0,85 \times 29 \times 1000}$$

$$= 43,451 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{43,45}{0,834} = 51,552 \text{ mm}$$

$$0,375d_t = 0,375 \times 540,5 = 202,69 \text{ mm}$$

Maka, $51,552 \text{ mm} \leq 202,69 \text{ mm}$ (aumsi awal benar penampang dalam kondisi terkontrol tarik).

Menentukan kebutuhan tulangan terpasang

$$A_{s \text{ perlu}} \leq \frac{Mu}{\phi \times f_y \times \left(d_x - \frac{a}{2} \right)}$$

$$A_{s \text{ perlu}} \leq \frac{50007 \times 10^4}{0,9 \times 390 \times \left(540,5 - \frac{42,45}{2} \right)}$$

$$A_{s \text{ perlu}} \leq 2645,5 \text{ mm}^2$$

→ Kontrol syarat kebutuhan tulangan minimum

Pada setiap penampang, tulangan transversal harus disediakan minimum sesuai pasal 10.5.1 seperti berikut.

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min.}} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \times b_w \times d' \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{29}}{390} \times 300 \times 540,5 \\ &= 559,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dan, tidak boleh kurang dari;

$$\begin{aligned}
 A_{s \min} &= \frac{1,4}{f_y} x b_w x d' \\
 &= \frac{1,4}{390} x 300 x 540,5 \\
 &= 582,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi, } A_{s \text{ Min.}} &\leq A_{s \text{ Perlu}} \\
 582,1 \text{ mm}^2 &\leq 2746,3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dalam perancangan gunakan $A_{s \text{ Perlu}} = 2645,5 \text{ mm}^2$.

→ Menentukan jumlah tulangan transversal pakai

$$\begin{aligned}
 N_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{s \text{ Perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} = \frac{2645,5}{380,1} \\
 &= 6,96 \approx 7 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan

Tulangan dipasang 1 lapis, maka:

$$S = \frac{bw - (2 \times \text{selimut}) - (n \times D_{\text{tul.lentur}}) - (2 \times \emptyset \text{ sengkang})}{n-1} \geq 25 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal (7.6.1))

$$S = \frac{300 - (2 \times 40) - (5 \times 19) - (2 \times 10)}{5-1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$S = 26,25 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}$$

Maka tulangan transversal dipasang dua lapis, dengan jumlah tulangan 4D22 pada lapis 1 dan 3D22 pada lapis 2.

- **Lapangan A-B**

- Menghitung kebutuhan tulangan awal

Asumsi penampang berada dalam kondisi tension controlled ($\phi = 0,9$)

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{31225 \times 10^2}{0,9 \times 300 \times 540,5^2} = 1,19$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 1,19}{390}} \right) \\ &= 0,0031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0031 \times 300 \times 540,5 \\ &= 1689,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kontrol kondisi penampang

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times fy}{0,85 \times fc \times b} \\ &= \frac{1689,2 \times 390}{0,85 \times 29 \times 300} \\ &= 26,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{26,73}{0,834} \\ &= 31,709 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$0,375 \text{ dt} = 0,375 \times 540,5 = 202,69 \text{ mm}$$

$$c \leq 0,375 \text{ dt}$$

(SNI 03-2847-2013 gambar (S9.3.2))

$$25,07 \text{ mm} \leq 109,5 \text{ mm} \text{ (Oke)}$$

- Menentukan kebutuhan tulangan terpasang

$$As \text{ perlu} \leq \frac{Mu}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$As \text{ perlu} \leq \frac{31255 \times 10^2}{0,9 \times 390 \times \left(540,5 - \frac{26,73}{2}\right)}$$

$$As \text{ perlu} \leq 1628,1 \text{ mm}^2$$

- Cek syarat kebutuhan tulangan minimum

Tidak boleh kurang dari $\frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w d$ dan tidak lebih kecil dari

$$\frac{1,4}{f_y} b w d$$

(SNI 03-2847-2013 pasal (10.5.1))

$$\begin{aligned} As \text{ min} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{30}}{400} \times 300 \times 540,5 \\ &= 559,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As \text{ min} &= \frac{1,4}{f_y} b w d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 300 \times 540,5 \\ &= 582,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Yang menentukan adalah 1689,2 mm², karena $A_s \text{ perlu} > A_s \text{ min}$, maka gunakan $A_s \text{ perlu}$.

- Menentukan jumlah tulangan utama terpasang

Jumlah tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} N \text{ tul} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tul.}} \\ &= \frac{1628,1}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 4,28 \approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan

Tulangan dipasang 2 lapis, maka:

$$S = \frac{bw - (2 \times \text{selimut}) - (n \times D \text{ tul. lentur}) - (2 \times \emptyset \text{ sengkang})}{n-1} \geq 25 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal (7.6.1))

$$S = \frac{250 - (2 \times 40) - (5 \times 22) - (2 \times 10)}{4-1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$S = 41,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}$$

- Dari hasil perhitungan maka digunakan tulangan **5D2** , pada lapis 1 dipasang 3D22 dan lapis 2 dipasang 2D22

• Tumpuan B

- Menghitung kebutuhan tulangan awal

Asumsi penampang berada dalam kondisi tension controlled ($\emptyset = 0,9$)

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{45461 \times 10^2}{0,9 \times 300 \times 540,5^2} = 1,73$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 1,73}{390}} \right) \\
 &= 0,0046
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0046 \times 300 \times 540,5 \\
 &= 2395,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Kontrol kondisi penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
 &= \frac{2486,8 \times 390}{0,85 \times 29 \times 300} \\
 &= 39,345 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{39,345}{0,834} \\
 &= 46,68 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$0,375 \text{ dt} = 0,375 \times 540,5 = 202,69 \text{ mm}$$

$$c \leq 0,375 \text{ dt}$$

(SNI 03-2847-2013 gambar (S9.3.2))

$$46,68 \text{ mm} \leq 109,5 \text{ mm} \text{ (Oke)}$$

- Menentukan kebutuhan tulangan terpasang

$$A_s \text{ perlu} \leq \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

$$A_s \text{ perlu} \leq \frac{45461 \times 10^2}{0,9 \times 390 \times \left(540,5 - \frac{39,345}{2} \right)}$$

$$As_{perlu} \leq 2395,9 \text{ mm}^2$$

- Cek syarat kebutuhan tulangan minimum

Tidak boleh kurang dari $\frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} bw d$ dan tidak lebih kecil dari

$$\frac{1,4}{f_y} bw d$$

(SNI 03-2847-2013 pasal (10.5.1))

$$\begin{aligned} As_{min} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} bw d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{30}}{400} \times 300 \times 540,5 \\ &= 559,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As_{min} &= \frac{1,4}{f_y} bw d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 300 \times 540,5 \\ &= 582,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Yang menentukan adalah 2395,9 mm², karena $As_{perlu} > As_{min}$, maka gunakan As_{perlu} .

- Menentukan jumlah tulangan utama terpasang

Jumlah tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} N_{tul} &= \frac{As_{perlu}}{As_{tul.}} \\ &= \frac{2395,9}{0,25 \times \pi \times 22^2} \\ &= 6,3 \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan

Tulangan dipasang 2 lapis, maka:

$$S = \frac{bw - (2 \times \text{selimut}) - (n \times D \text{ tul.lentur}) - (2 \times \emptyset \text{ sengkang})}{n-1} \geq 25 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal (7.6.1))

$$S = \frac{300 - (2 \times 40) - (4 \times 22) - (2 \times 10)}{4-1} \geq 25 \text{ mm}$$

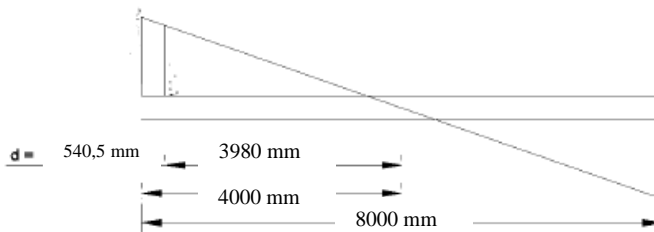
$$S = 26,25 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}$$

- Dari hasil perhitungan maka digunakan tulangan **7D22** , pada lapis 1 dipasang 4D22 dan lapis 2 dipasang 2D22

Tulangan Geser

- Menentukan Tulangan Geser Terpasang

Menentukan nilai V_u terjadi pada jarak d' dari muka tumpuan, seperti pada gambar 5.20.



Gambar 5.5 Nilai V_u Sejarak d' dari Muka Tumpuan

$$\begin{aligned} V_u' &= \frac{V_u}{3980} \times 3980 - d \\ &= \frac{31412}{3980} \times 3980 - 540,5 \\ &= 27146 \text{ Kg} \\ &= 276998 \text{ N} \end{aligned}$$

→ Kuat geser beton

Kuat geser beton (V_c) untuk komponen struktur yang dikenai gaya lentur dan geser dihitung sesuai pasal 11.2.1.1.

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times f_c^{1/2} \times b_w \times d' \\ &= 0,17 \times 1 \times 29^{1/2} \times 300 \times 540,5 \\ &= 148444,76 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor reduksi geser} = 0,75$$

(SNI 03-2847-2013 pasal (9.3.2.3))

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 148444,76 \text{ N} \\ &= 111333,57 \text{ N} \end{aligned}$$

→ Kontrol kebutuhan tulangan geser

Syarat kebutuhan tulangan geser minimum mengacu pada (pasal 11.4.6.1).

$$V_u' > \phi V_c \rightarrow \text{butuh tulangan geser}$$

$$276998,14 \text{ N} > 111333,57 \text{ N}$$

Maka butuh tulangan geser

Gaya Geser yang harus dipikul

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{276998,14 - 111333,57}{0,75} = 220886,1 \text{ N}$$

Jadi penampang balok anak menggunakan tulangan geser minimum.

$$\begin{aligned} A_{v \text{ min.}} &= 2 \times A_{s \text{ tul}} \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times D^2 \end{aligned}$$

$$= 2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2$$

$$= 157,09 \text{ mm}^2$$

Desain tulangan geser

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal (11.4.7.2))

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d}$$

$$= \frac{220886,1}{390 \times 540,52}$$

$$= 1,05 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan sengkang 2 kaki D10

$$A_v = 2 \times (1/4 \times \pi \times 10^2) = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v}{A_v/s}$$

$$= \frac{157,08}{1,05}$$

$$= 149,9 \text{ mm}$$

→ Kontrol spasi tulangan geser

Spasi tulangan geser didapat dari penjabaran rumus pada (pasal 11.4.6.3) dan syarat spasi minimum pada (pasal 11.4.5.1), dimana nilainya diambil yang menentukan.

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \times \sqrt{f'c} \times \left(\frac{b_w \times S}{f_y} \right)$$

$$157,08 = 0,062 \times \sqrt{29} \times \left(\frac{300 \times S}{240} \right)$$

$$S = 376,37 \text{ mm}$$

$$A_{v_{\min}} = \frac{0,35xbwxS}{f_{yt}}$$

$$100,53 = \frac{0,35x300xS}{240}$$

$$S = 359,04 \text{ mm}$$

Kontrol terhadap spasi minimum:

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \leq d/2 = 540,5/2 = 270,25 \approx 250 \text{ mm}$$

Maka digunakan sengkang 2 kaki Ø10 – 125 mm pada daerah tumpuan dan 2 kaki Ø10 – 250 mm pada daerah lapangan balok anak.

- Kontrol Jarak Tulangan Terhadap Kontrol Retak

Spasi tulangan terdekat ke muka tarik, tidak boleh melebihi dari (pasal 10.6.4).

$$C_c = d + \emptyset_{tul} = 40 + 13 = 53 \text{ mm}$$

$$f_s = 2/3 \times f_y = 2/3 \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

Maka,

$$S = 380x\left(\frac{280}{f_s}\right) - (2,5xC_c)$$

$$= 380x\left(\frac{280}{260}\right) - (2,5x59)$$

$$= 262 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Dan tidak lebih dari,

$$\begin{aligned}
 S &= 300x \left(\frac{280}{f_s} \right) \\
 &= 300x \left(\frac{280}{260} \right) \\
 &= 323 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Jadi, Balok Anak BA1 memenuhi syarat jarak tulangan terhadap kontrol retak.

- Tulangan Terpasang

Tumpuan A = 7 D22

Lapangan A-B = 5 D22

Tumpuan B = 7 D22

Geser = 2 kaki Ø10 – 125 mm (Tumpuan)

= 2 kaki Ø10 – 250 mm (Lapangan)

4.6.5 Perhitungan elemen balok induk

D. Data penampang dan material

- Tipe balok : G2A
- Frame label : 510
- Lebar balok (b) : 400 mm
- Tinggi balok (h) : 700 mm
- Bentang balok (L) : 8000 mm
- Bentang bersih balok (L_n) : 7100 mm
- Tebal selimut beton : 40 mm
- Φ Tulangan longitudinal rencana : 22 mm
- Φ Tulangan transversal rencana : 13 mm
- Φ Tulangan penahan torsi rencana : 16 mm
- Mutu beton (f'_c) : 29 MPa
- Mutu tulangan longitudinal (f_y) : 390 MPa
- Mutu tulangan geser (f_{yt}) : 390 MPa
- Asumsi tinggi efektif (d)

$$d = h - \text{selimut} - \phi_{\text{tul.transv}} - 1/2 \phi_{\text{tul.longi}}$$

$$d = 700 - 40 - 13 - 11 = 636 \text{ mm}$$

- Asumsi jarak serat tekan (d')

$$d' = \text{selimut} + \phi_{\text{tul.transv}} + 1/2 \phi_{\text{tul.longi}}$$

$$d' = 40 + 13 + 11 = 64 \text{ mm}$$

- Perhitungan β_1

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \times 0,05$$

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{29-28}{7} \right) \times 0,05$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,0071 = 0,8429$$

E. Faktor reduksi kekuatan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3 faktor reduksi kekuatan (ϕ) desain ditetapkan sebagai berikut :

- Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) : 0,75
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

F. Gaya dalam terfaktor

Dari analisa menggunakan program bantu SAP2000, didapatkan gaya dalam terfaktor sebagai berikut :

Tabel 4.6.1 Gaya dalam pada frame 510

Gaya dalam	Lokasi		Sat	Kombinasi
Momen ultimate	Tumpuan kanan -	863	kN-m	Envelope
	Tumpuan kanan +	352	kN-m	Envelope
	Tumpuan kiri -	439	kN-m	Envelope
	Tumpuan kiri +	103	kN-m	Envelope
	Lapangan -	219	kN-m	Envelope
	Lapangan +	306	kN-m	Envelope

Geser	Ultimate	478	kN	Envelope
	Gravitasi	224	kN	Gravitasi
Momen Torsi	Ultimate	55	kN-m	Envelope

G. Perhitungan Torsi

- Kontrol penampang

$$A_{cp} = b \times h = 400 \times 700 = 280000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (400 + 700) = 2200 \text{ mm}$$

$$X_o = b - 2 \times \left(\text{selimut} + \frac{1}{2} \varphi \text{ tul. transv} \right)$$

$$X_o = 400 - 2 \times (40 + 6,5) = 307 \text{ mm}$$

$$Y_o = h - 2 \times \left(\text{selimut} + \frac{1}{2} \varphi \text{ tul. transv} \right)$$

$$Y_o = 700 - 2 \times (40 + 6,5) = 607 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = X_o \times Y_o = 307 \times 607 = 186349 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \times 155999 = 158396 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2 \times (X_o + Y_o) = 2 \times (307 + 607) = 1828 \text{ mm}$$

- Kontrol pengaruh torsi

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1 pengaruh torsi dapat diabaikan bila :

$$T_u \leq \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}$$

$$73,33 \text{ kN} \leq 0,75 \times 0,083 \times 1,0 \times \sqrt{29} \times \left(\frac{280000^2}{2200} \right)$$

$$73,33 \text{ kN} \leq 11,95 \text{ kN (Tidak terpenuhi)}$$

Karena T_u melebihi batas torsi terkecil yang terdeteksi (threshold), maka pengaruh torsi tidak dapat diabaikan (butuh tulangan torsi).

- Kontrol kecukupan penampang

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1, penampang harus memenuhi persamaan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{bd}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{bd} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{bd}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d}{b d} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{478 \times 10^3}{350 \times 636}\right)^2 + \left(\frac{73,33 \times 10^6 \times 1828}{1,7 \times 186349^2}\right)^2}$$

$$\leq 0,75 \left(\frac{0,17 \times 1 \times \sqrt{29} \times 350 \times 636}{400 \times 636} + 0,66 \sqrt{29} \right)$$

$$\sqrt{3,154 + 3,622} \leq 0,75(0,931 + 3,615)$$

$$2,54 \text{ N/mm}^2 \leq 3,35 \text{ N/mm}^2$$

Karena persamaan tersebut terpenuhi, maka ukuran penampang dinyatakan sudah cukup.

- Tulangan tambahan torsi transversal

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2A_o f_{yt}} \cot \theta$$

Untuk struktur non prategang, nilai θ adalah 45°

$$\frac{At}{s} = \frac{73,33 \times 10^6 / 0,75}{2 \times 158396 \times 390} \times 1$$

$$\frac{At}{s} = \frac{81,95 \times 10^6}{123549387} \times 1 = 0,594 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Tulangan tambahan torsi longitudinal

$$Al = \frac{At}{s} P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta$$

$$Al = 0,594 \times 1828 \times \left(\frac{390}{390} \right) \cot^2 45^\circ$$

$$Al = 1085,02 \text{ mm}^2$$

Kontrol terhadap Al minimal :

$$Al_{min} = \frac{0,42 \sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{At}{s} \right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$Al_{min} = \frac{0,42 \times \sqrt{29} \times 280000}{390} - 0,594 \times 1828 \times \frac{390}{390}$$

$$Al_{min} = 1651,594 - 1112,77 = 538,82 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Tulangan tambahan torsi longitudinal tersebut dibagi merata pada 4 sisi balok yaitu atas, bawah, samping kanan, samping kiri. Jadi

masing-masing sisi mendapatkan $\frac{1}{4}Al = \frac{1}{4} \times 1225,21 = 271,25 \text{ mm}^2$.

Pada sisi samping digunakan 4D16 dengan luas tulangan $2 \times 0,25\pi d^2 = 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 = 804,25 \text{ mm}^2$

H. Perhitungan lentur

- **Perhitungan tulangan lentur tumpuan**

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{863}{0,9} = 958,89 \text{ kN} - m$$

- Asumsi nilai X rencana

$$X_{max} = 0,75 \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$X_{max} = 0,75 \times \frac{600}{600 + 390} \times 636 = 289,09 \text{ mm}$$

Direncanakan nilai x = 127 mm

- Perhitungan A_{sc} berdasarkan nilai X rencana

$$A_{sc} = \frac{0,85\beta_1 f'_c bX}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \times 0,8429 \times 29 \times 400 \times 127}{390} = 2706,26 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan M_{nc}

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2706,26 \times 29 \left(636 - \frac{0,8429 \times 127}{2} \right) = 614,77 - m$$

- Kontrol $M_n - M_{nc}$

$$M_n - M_{nc} = 958,89 - 614,77 = 344,12 \text{ kN} - m$$

Karena $M_n - M_{nc} \geq 0$, maka diperlukan tulangan tekan dan dihitung dengan metode tulangan rangkap.

- Perhitungan tulangan tekan

$$C'_s = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d'}$$

$$C'_s = T_2 = \frac{344,12 \times 10^3}{636 - 64} = 601,60 \text{ kN}$$

- Perhitungan kondisi tulangan tekan

$$f'_s = \left(1 - \frac{d'}{x} \right) 600 = \left(1 - \frac{64}{127} \right) 600 = 297,64 \text{ N/mm}^2$$

Karena $f'_s < f_y$ maka tulangan tekan belum leleh, dalam perhitungan digunakan f'_s .

- Perhitungan tulangan tekan

$$A'_s = \frac{C'_s}{f'_s - 0,85 f'_c}$$

$$A'_s = \frac{601,60 \times 10^3}{297,64 - 0,85 \times 29} = 1983,39 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan tulangan Tarik tambahan

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} = \frac{601,60 \times 10^3}{390} = 1542,57 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan tulangan tarik perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss} + \frac{1}{4}Al$$

$$A_s = 2706,26 + 1542,57 + 271,25 = 4520,29 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan tulangan tekan perlu

$$A'_s = A'_s + \frac{1}{4}Al$$

$$A'_s = 1983,39 + 271,25 = 2254,65 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan jumlah tulangan tarik dan tekan

$$n \text{ tarik} = \frac{A_s}{0,25\pi d^2} = \frac{4520,29}{0,25 \times \pi \times 22^2} = 11,89 \approx 12 \text{ buah}$$

$$A_{s \text{ aktual}} = n 0,25\pi d^2 = 12 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 = 4561,59 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tekan} = \frac{A'_s}{0,25\pi d^2} = \frac{2254,29}{0,25 \times \pi \times 22^2} = 5,93 \approx 6 \text{ buah}$$

$$A'_{s \text{ aktual}} = n 0,25\pi d^2 = 6 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 = 2280,80 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan spasi tulangan aktual

Tulangan Tarik direncanakan 2 lapis, lapis 1 berisi 6 buah, lapis 2 berisi 6 buah. Jarak bersih antar lapis adalah 30 mm.

$$s_{tarik} = \frac{b - (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \text{senggang}) - (n \times d)}{(n - 1)}$$

$$s_{tarik} = \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (6 \times 22)}{(6 - 1)}$$

$$s_{tarik} = \frac{400 - 80 - 26 - 132}{5} = 32,4\text{mm} \geq 25\text{mm}$$

Memenuhi syarat spasi minimum dalam SNI 2847:2013 pasal 7.6

Tulangan tekan direncanakan 1 lapis.

$$s_{tarik} = \frac{b - (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \text{senggang}) - (n \times d)}{(n - 1)}$$

$$s_{tarik} = \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (6 \times 22)}{(6 - 1)}$$

$$s_{tarik} = \frac{400 - 80 - 26 - 132}{5} = 32,4\text{mm} \geq 25\text{mm}$$

Memenuhi syarat spasi minimum dalam SNI 2847:2013 pasal 7.6

- Perhitungan tinggi efektif aktual

$$d_{aktual} = \text{tinggi} - \text{selimut} - \text{tul senggang} - \text{tul tarik} \\ - \text{jarak bersih antar lapis}$$

$$d_{aktual} = 700 - 40 - 13 - 22 - 15 = 610 \text{ mm}$$

- Perhitungan tinggi blok tertekan aktual

$$a_{aktual} = \frac{(A_s \text{ aktual} f_y) - (A'_s \text{ aktual} f'_s)}{0,85 f'_c b}$$

$$a_{aktual} = \frac{(4561,59 \times 390) - (2280,80 \times 297,64)}{0,85 \times 30 \times 400}$$

$$a_{aktual} = \frac{1114306,77}{10200} = 111,58 \text{ mm}$$

- Perhitungan momen nominal tereduksi negatif

$$\phi M_n^- = \phi \left((A_s f_y - A'_s f'_s) \left(d - \frac{a}{2} \right) + (A'_s f'_s (d - d')) \right)$$

$$\phi M_n^- = 0,9 \times \left((4561,59 \times 390 - 2280,80 \times 297,64) \times \left(610 - \frac{111,58}{2} \right) + (2280,80 \times 297,64 \times (610 - 64)) \right)$$

$$\phi M_n^- = 0,9 \times (1021,57) = 919,41 \text{ kN} - m$$

- Perhitungan momen nominal tereduksi positif

$$\phi M_n^+ = \phi (A'_s f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n^+ = 0,9 \times (2280,80 \times 390) \left(636 - \frac{111,58}{2} \right)$$

$$\phi M_n^+ = 464,49 \text{ kN} - m$$

- Kontrol momen nominal tereduksi terhadap momen ultimate

$$\phi M_n^- \geq M_u^-$$

$$919,41 \geq 863 \text{ (memenuhi)}$$

$$\phi M_n^+ \geq M_u^+$$

$$464,49 \geq 439,00 \text{ (memenuhi)}$$

- Kontrol perbandingan momen nominal tereduksi

$$\phi M_n^+ \geq \frac{1}{2} \phi M_n^-$$

$$464,49 \geq \frac{1}{2} \times 919,41$$

$$464,49 \geq 459,7 \text{ (memenuhi)}$$

- Kontrol terhadap luas tulangan minimal

$$A_{s \min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c} b d}{f_y}$$

$$A_{s \min} = \frac{0,25 \times \sqrt{29} \times 400 \times 610}{390} = 842,29 \text{ mm}^2$$

Dan tidak kurang dari

$$A_{s \min} = \frac{1,4 b d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 610}{390} = 875,9 \text{ mm}^2$$

Dari kedua syarat tersebut, A_s aktual dan A_s' aktual sudah memenuhi.

Jadi, tulangan Tarik tumpuan digunakan **12D22** dan tulangan tekan tumpuan digunakan **6D22**.

Pada dasarnya untuk tumpuan disisi lain momen ultimatenya lebih kecil, sehingga untuk kemudahan pemasangan dan kepraktisan maka digunakan jumlah tulangan yang sama.

- **Perhitungan tulangan lentur lapangan**
- Perhitungan momen nominal positif

$$M_u^+ \geq \frac{1}{4} \phi M_{n \text{ terbesar}}$$

$$306 \geq \frac{1}{4} \times 911,41$$

$$306 \geq 229,85$$

Maka dalam perhitungan akan ditinjau terhadap momen ultimate yang terjadi sebesar 306 kN-m.

$$M_n^+ = \frac{M_u^+}{\phi} = \frac{306}{0,9} = 340 \text{ kN} - \text{m}.$$

- Perhitungan momen nominal negatif

$$M_u^- \geq \frac{1}{4} \phi M_{n \text{ terbesar}}$$

$$219 \geq \frac{1}{4} \times 911,41$$

$$219 \geq 229,85$$

Syarat tersebut tidak terpenuhi, maka dalam perhitungan tulangan negatif lapangan akan ditinjau terhadap $\frac{1}{4} \phi M_{n \text{ terbesar}}$ sebesar 229,85 kN-m.

- Perhitungan tulangan tarik perlu

$$m = \frac{f_y}{0,85f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$Rn = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{340 \times 10^6}{400 \times 636^2} = 2,101$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,82} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 2,101}{390}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0056$$

$$A_s = (\rho_{\text{perlu}} bd) + \frac{1}{4} Al$$

$$A_s = (0,0056 \times 400 \times 636) + 271,25 = 2466,28 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan tulangan tekan perlu

$$m = \frac{f_y}{0,85f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 29} = 15,82$$

$$Rn = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{229,85 \times 10^6}{400 \times 636^2} = 1,504$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,82} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,82 \times 1,504}{390}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0040$$

$$A_s' = (\rho_{\text{perlu}} b d) + \frac{1}{4} A_l$$

$$A_s' = (0,0040 \times 400 \times 636) + 271,25 = 1284,18 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan jumlah tulangan tarik dan tekan

$$n_{\text{tarik}} = \frac{A_s}{0,25\pi d^2} = \frac{2466,28}{0,25 \times \pi \times 22^2} = 6,5 \approx 7 \text{ buah}$$

$$A_{s \text{ aktual}} = n 0,25\pi d^2 = 7 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 = 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tekan}} = \frac{A_s'}{0,25\pi d^2} = \frac{1284,18}{0,25 \times \pi \times 22^2} = 3,31 \approx 4 \text{ buah}$$

$$A'_{s \text{ aktual}} = n 0,25\pi d^2 = 4 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 = 1520,53 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan spasi tulangan aktual

Tulangan tarik dan tekan direncanakan 2 lapis berisi 6 buah.

$$s = \frac{b - (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \text{senggang}) - (n \times d)}{(n - 1)}$$

$$s = \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (6 \times 22)}{(6 - 1)}$$

$$s = \frac{400 - 80 - 26 - 132}{5} = 32,4 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Memenuhi syarat spasi minimum dalam SNI 2847:2013 pasal 7.6

- Perhitungan tinggi efektif aktual

$$d_{\text{aktual}} = \text{tinggi} - \text{selimut} - \text{tul sengkang} - 1/2 \text{tul tarik}$$

$$d_{\text{aktual}} = 700 - 40 - 13 - 22 - 15 = 610 \text{ mm}$$

- Perhitungan tinggi blok tertekan aktual

$$a_{\text{aktual}} = \frac{A_s \text{ aktual } f_y}{0,85 f'_c b}$$

$$a_{\text{aktual}} = \frac{(2660,93 \times 390)}{0,85 \times 30 \times 400}$$

$$a_{\text{aktual}} = \frac{593006,7}{10200} = 105,25 \text{ mm}$$

- Perhitungan momen nominal tereduksi positif

$$\phi M_n^+ = \phi (A_s f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n^+ = 0,9 \times (2660,93 \times 390) \times \left(610 - \frac{105,25}{2} \right)$$

$$\phi M_n^+ = 520,28 \text{ kN} - m$$

- Perhitungan momen nominal tereduksi positif

$$\phi M_n^- = \phi (A_s f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n^- = 0,9 \times (1520,53 \times 390) \times \left(610 - \frac{105,25}{2} \right)$$

$$\phi M_n^- = 297,47 \text{ kN} - m$$

- Kontrol perbandingan momen nominal tereduksi

$$\phi M_n^+ \geq \frac{1}{4} \phi M_{n \text{ terbesar}}$$

$$520,28 \geq \frac{1}{4} \times 919,41$$

$$520,28 \geq 229,85 \text{ (memenuhi)}$$

- Kontrol terhadap luas tulangan minimal

$$A_{s \min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c} b d}{f_y}$$

$$A_{s \min} = \frac{0,25 \times \sqrt{29} \times 400 \times 610}{390} = 842,29 \text{ mm}^2$$

Dan tidak kurang dari

$$A_{s \min} = \frac{1,4 b d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 610}{390} = 875,9 \text{ mm}^2$$

Dari kedua syarat tersebut, A_s aktual dan A_s' aktual sudah memenuhi.

Jadi, tulangan tarik lapangan digunakan **7D22** dan tulangan tekan lapangan digunakan **4D22**.

I. Perhitungan geser

- Perhitungan Probable Moment Capacities (M_{pr})

$$a_{pr1} = \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{1,25 \times 2280,80 \times 390}{0,85 \times 29 \times 400} = 112,77 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = 1,25A_s f_y \left(d - \frac{a_{pr}^-}{2} \right)$$

$$M_{pr1} = 1,25 \times 2280,80 \times 390 \times \left(610 - \frac{112,77}{2} \right)$$

$$M_{pr1} = 615,56 \text{ kN} - m$$

$$a_{pr2} = \frac{1,25A_s f_y}{0,85f'_c b} = \frac{1,25 \times 4561,59 \times 390}{0,85 \times 29 \times 400} = 225,54 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = 1,25A_s f_y \left(d - \frac{a_{pr}^-}{2} \right)$$

$$M_{pr2} = 1,25 \times 4561,59 \times 390 \times \left(610 - \frac{225,54}{2} \right)$$

$$M_{pr2} = 1105,73 \text{ kN} - m$$

- Perhitungan gaya geser desain (V_e)

$$V_{e1} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{ln} + Vg$$

$$V_{e1} = \frac{615,56 + 1105,73}{7,1} + 224 = 466,44 \text{ kN}$$

$$V_{e2} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{ln} - Vg$$

$$V_{e2} = \frac{615,56 + 1105,73}{7,1} - 224 = 18,44 \text{ kN}$$

Maka diambil nilai yang menentukan yaitu 466,44 kN.

- Kontrol syarat untuk nilai kontribusi beton (V_c)

$$3. \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \geq \frac{1}{2} V_e$$

$$\frac{615,56 + 1105,73}{7,1} \geq \frac{1}{2} \times 478 \text{ kN}$$

$$242,4 \geq 239 \text{ kN (Memenuhi)}$$

$$4. P_u \leq A_g f'_c / 20$$

$$110 \leq 400 \times 700 \times 30 / 20$$

$$110 \leq 420000 \text{ (Memenuhi)}$$

Karena kedua syarat terpenuhi, maka nilai $V_c = 0$.

- Perhitungan kebutuhan tulangan sengkang daerah l_o

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - v_c = \frac{466,44}{0,75} - 0 = 621,91 \text{ kN}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d} = \frac{621,91 \times 10^3}{390 \times 610} = 2,614 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 2,614 + (2 \times 0,594) = 3,801 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Direncanakan menggunakan sengkang tertutup 3 kaki.

$$A_{vt} = 0,25 \pi d^2 \times n = 0,25 \times \pi \times 13^2 \times 3 = 398,2 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_{vt}}{3,801} = \frac{398,2}{3,801} = 104,75 \text{ mm}$$

Jadi, sengkang pada daerah l_o digunakan sengkang 3D13-100.

- Kontrol spasi sengkang daerah l_o

$$\text{Syarat 1} = \frac{d}{4} = \frac{610}{4} = 152,5 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat 2} = 6d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat 3} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat 4} = \frac{P_h}{8} = \frac{1828}{8} = 228,5 \text{ mm}$$

Jadi spasi rencana sengkang sudah memenuhi semua syarat spasi maksimum.

- Perhitungan kebutuhan tulangan sengkang diluar daerah l_o

$$w_u = \frac{2V_g}{ln} = \frac{2 \times 224}{7,1} = 63,10 \text{ kN/m}$$

$$V_e = V_{elo} - (2hw_u) = 466,44 - (2 \times 700 \times 63,10)$$

$$V_e = 378,10 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} bd = \frac{1}{6} \sqrt{29} \times 400 \times 610 = 219 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - v_c = \frac{378,10}{0,75} - 219 = 285,13 \text{ kN}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d} = \frac{285,13 \times 10^3}{390 \times 610} = 1,198 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 1,198 + (2 \times 0,594) = 2,386 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Direncanakan menggunakan sengkang tertutup 3 kaki.

$$A_{vt} = 0,25\pi d^2 \times n = 0,25 \times \pi \times 13^2 \times 3 = 398,2 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_{vt}}{2,4529} = \frac{398,2}{2,386} = 166,91 \text{ mm}$$

Jadi, sengkang diluar daerah *lo* digunakan sengkang 3D13-150.

- Kontrol spasi sengkang diluar daerah *lo*

$$\text{Syarat 1} = \frac{d}{2} = \frac{610}{2} = 305 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat 2} = \frac{P_h}{8} = \frac{1828}{8} = 228,5 \text{ mm}$$

Jadi spasi rencana sengkang sudah memenuhi semua syarat spasi maksimum.

J. Resume perhitungan tulangan

Tabel 4.6.2 Hasil perhitungan tulangan balok

SKETSA POTONGAN BALOK			
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
TUL. ATAS	12D22	4D22	12D22
TUL. BAWAH	6D22	7D22	12D22
TUL. TORSI	4D16	4D16	4D16
SENGKANG	3D13-100	3D13-150	3D13-100

4.6.6 Perhitungan elemen kolom

A. Data penampang dan material

- Tipe kolom : K1
- Frame label :
- Lebar kolom (b) : 900 mm
- Panjang kolom (h) : 900 mm
- Tinggi kolom (L) : 4000 mm
- Bentang bersih kolom (*lu*) : 3300 mm
- Tebal selimut beton : 40 mm
- Φ Tulangan longitudinal rencana : 22 mm
- Φ Tulangan transversal rencana : 13 mm
- Mutu beton (f'_c) : 29 MPa
- Mutu tulangan longitudinal (f_y) : 390 MPa
- Mutu tulangan geser (f_{yt}) : 390 MPa
- Asumsi tinggi efektif (d)

$$d = h - \text{selimut} - \phi_{\text{tul.transv}} - 1/2 \phi_{\text{tul.longi}}$$

$$d = 900 - 40 - 13 - 11 = 836 \text{ mm}$$

- Asumsi jarak serat tekan (d')

$$d' = \text{selimut} + \phi_{\text{tul.transv}} + 1/2 \phi_{\text{tul.longi}}$$

$$d' = 40 + 13 + 11 = 64 \text{ mm}$$

B. Faktor reduksi kekuatan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3 faktor reduksi kekuatan (ϕ) desain ditetapkan sebagai berikut :

- Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) : 0,75
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

C. Definisi kolom

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja harus lebih besar dari :

$$P_u \geq \frac{A_g f'_c}{10}$$

$$7605,8 \text{ KN} \geq \frac{900 \times 900 \times 29 \times 10^{-3}}{10}$$

$$7963 \text{ KN} \geq 2349 \text{ KN} \text{ (memenuhi)}$$

- Sisi terpendek penampang kolom tidak boleh kurang dari 300 mm.

$$\text{Sisi terpendek kolom, } b = 900 \text{ mm (memenuhi)}$$

- Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4

$$\frac{b}{h} = \frac{900}{900} = 1 \text{ (memenuhi)}$$

D. Konfigurasi penulangan

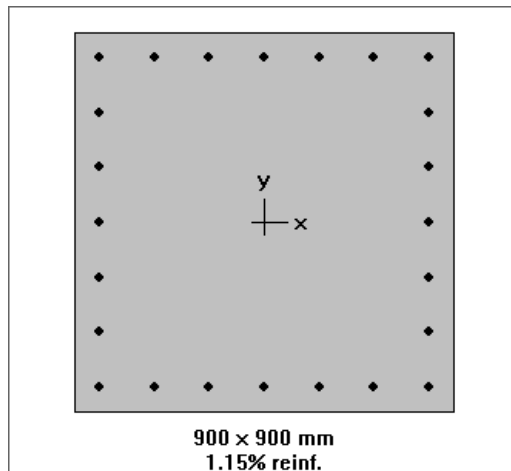
Dari hasil desain berdasarkan gaya dalam yang diambil dari SAP2000, direncanakan tulangan lentur pada kolom dengan

konfigurasi 24D22. Rasio tulangan ρ_g dibatasi tidak kurang dari 0,01 dan tidak lebih dari 0,06.

$$A_s = 0,25n\pi d^3 = 0,25 \times 24 \times \pi \times 22^2 = 9288 \text{ mm}^2$$

$$\rho_g = \frac{A_s}{A_g} = \frac{9288}{900 \times 900} = 0,01147$$

Maka konfigurasi tulangan lentur tersebut telah memenuhi syarat.



Gambar 4.6.1 Konfigurasi tulangan kolom dari SpCol

E. Kontrol kuat kolom

Kuat kolom ϕM_n harus memenuhi $\Sigma M_c \geq 1,2 \Sigma M_g$

(SNI 2847-2013 Pasal 21.6.2.2)

ΣM_c = jumlah momen nominal, ϕM_n , dua kolom yang bertemu di join.

ΣM_g = jumlah momen nominal, ϕM_n , dua balok yang bertemu di join.

- Balok yang bertemu di join kolom yang direncanakan adalah tipe G1A dengan nilai $\phi M_n = 845 \text{ KN} - m$ untuk tulangan sisi atas dan $\phi M_{nb} = 468 \text{ KN} - m$ untuk tulangan sisi bawah.
 $1,2\Sigma M_g = 1,2 \times (845 + 468) = 1575,6 \text{ KN} - m$
- Untuk mengetahui nilai M_c , akan dihitung menggunakan alat bantu SPCOL.

$P_{u-dsn} = 7963 \text{ KN}$ (Pada kolom yang didesain)

$P_{u-abv} = 6950 \text{ KN}$ (Pada kolom diatas kolom didesain)

$P_{u-blw} = 9097 \text{ KN}$ (Pada kolom dibawah kolom didesain)

Nilai tersebut dimasukkan sebagai beban pada SPCOL yang menghasilkan nilai sebagai berikut :

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:				
Design/Required ratio $\Phi M_n/\mu \geq 1.00$				
No.	P_u kN	M_{ux} kNm	M_{uy} kNm	ΦM_{nx} kNm
1	9097.00	0.00	0.00	1763.58
2	7963.00	0.00	0.00	1914.84

Gambar 4.6.2 Nilai MN kolom dari SpCol

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:				
Design/Required ratio $\Phi M_n/\mu \geq 1.00$				
No.	P_u kN	M_{ux} kNm	M_{uy} kNm	ΦM_{nx} kNm
1	6950.00	0.00	0.00	1284.43

Gambar 4.6.3 Nilai MN kolom atas dari SpCol

$$\phi M_{n-dsn} = 1915 \text{ KN} - m$$

$$\phi M_{n-abv} = 1284 \text{ KN} - m$$

$$\phi M_{n-blw} = 1764 \text{ KN} - m$$

Maka :

$$\Sigma M_{c-1} = \phi M_{n-dsn} + \phi M_{n-abv}$$

$$= 1915 + 1284 = 3679 \text{ KN}$$

$$\Sigma M_{c-2} = \phi M_{n-dsn} + \phi M_{n-blw}$$

$$= 1915 + 1764 = 3199 \text{ KN}$$

$$\text{Kontrol 1 : } \Sigma M_{c-1} \geq 1,2 \Sigma M_g = 3679 \geq 1575,56 (OK)$$

$$\text{Kontrol 2 : } \Sigma M_{c-2} \geq 1,2 \Sigma M_g = 3199 \geq 1575,56 (OK)$$

F. Perhitungan tulangan confinement

Total luas penampang hoops tidak kurang dari salah satu yang terbesar antara :

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

dan

$$A_{sh} = \frac{0,09sb_c f'_c}{f_{yt}}$$

Dengan :

b_c = lebar penampang inti beton diukur dari sisi terluar hoops

$$b_c = b - (2 \times \text{selimut}) = 900 - (2 \times 40) = 820 \text{ mm}$$

A_{ch} = luas penampang inti beton yang terkekang

$$A_{ch} = b_c \times b_c = 820 \times 820 = 672400 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \left(\frac{820 \times 29}{390} \right) \left(\frac{900 \times 900}{672400} - 1 \right)$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \times (55,4) \times (0,205) = 3,74 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0,09 \times 820 \times 29}{390} = 5,49 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jadi diambil nilai yang terbesar yaitu $5,49 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Direncanakan dengan 4 kaki D13, maka spasi perlu adalah:

$$s = \frac{A_{sh}}{A_{sh}/s} = \frac{4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{5,49} = \frac{530,93}{5,49} = 96,75 \text{ mm}$$

Spasi maksimum adalah yang terkecil diantara berikut :

- $\frac{1}{4}$ dimensi penampang terkecil kolom = $900/4 = 225 \text{ mm}$
- 6 kali diameter tulangan longitudinal = $6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- $100 \leq s_o \leq 150$, dengan s_o dihitung sebagai berikut :

$$s_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

$$h_x = \frac{1}{3} \times bc = \frac{1}{3} \times 820 = 273,33 \text{ mm}$$

Sehingga :

$$s_o = 100 + \frac{350 - 273,33}{3} = 125,56 \text{ mm}$$

Jadi hoops digunakan **4D13-90**.

Hoops tersebut diperlukan sepanjang l_o di masing-masing ujung kolom, panjang l_o dipilih yang terbesar diantara berikut :

- Tinggi elemen kolom di join, $h = 900 \text{ mm}$
- $1/6$ Tinggi bersih kolom, $1/6 \times 3300 = 666,67 \text{ mm}$
- 450 mm

Maka panjang l_o dipilih adalah 900 mm dari ujung masing-masing kolom. Diluar panjang l_o dipasang **4D13-130**.

G. Perhitungan tulangan geser

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (i), tetapi tidak perlu lebih besar dari nilai (ii), dan harus melebihi nilai (iii) (MacGregor, 2009)

$$V_{e-i} = \frac{M_{prc-abv} + M_{prc-blw}}{l_u}$$

$$V_{e-ii} = \frac{\Sigma M_{prb-abv} \times DF + \Sigma M_{prb-blw} \times DF}{l_u}$$

$$V_{e-iii} = V_u \text{ hasil analisis struktur}$$

- Menghitung gaya geser desain 1 (V_{e-i})

Nilai M_{pr} untuk kolom ditentukan dengan menganggap kuat Tarik pada tulangan memanjang sebesar $1,25f_y$ dan faktor

reduksi $\phi=1$, dihitung menggunakan SPCOL dan menghasilkan nilai $M_{pr}=3084,00 \text{ KN-m}$

Maka :

$$V_{e-i} = \frac{3084 + 3084}{3,3} = 1869 \text{ KN}$$

- Menghitung gaya geser desain 2 (V_{e-ii})

Sedangkan untuk M_{pr} akibat tulangan terpasang balok yang berada pada Hubungan Balok Kolom (HBK) didapatkan dari perhitungan sebelumnya yaitu

$$V_{e-ii} = \frac{\Sigma M_{prb-abv} \times DF + \Sigma M_{prb-blw} \times DF}{l_u}$$

$$V_{e-ii} = \frac{(1033 + 616) \times 0,5 + (1033 + 616) \times 0,5}{3,3}$$

$$V_{e-ii} = 499,7 \text{ KN}$$

- Menghitung gaya geser desain 3 (V_{e-iii})

Dari analisis struktur didapatkan nilai $V_u = \text{KN}$

Untuk nilai V_{e-i} dan V_{e-ii} tidak boleh kurang dari V_{e-iii} , maka dari ketiga nilai tersebut digunakan nilai $V_e=499,7 \text{ KN}$.

Besarnya gaya geser tersebut akan ditahan oleh kuat geser beton (V_c) dan kuat geser tulangan (V_s). Untuk $V_c=0$ harus memenuhi 2 persamaan berikut :

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa, V_{sway} , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_o .

b) Gaya tekan aksial terfaktor, $P_u = 7963$ kN kurang dari $A_g f'_c / 10$.

Karena $P_u > \frac{A_g f'_c}{10}$ kontribusi beton perlu diperhitungkan.

Hitung tulangan geser yang diperlukan disepanjang l_0

$$d = h_{kolom} - \left(t_{decking} + d_{geser} + \frac{d_{lentur}}{2} \right)$$

$$d = 900 - (40 + 13 + 11) = 836$$

Kontribusi beton terhadap geser (V_c):

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_{kolom} d$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{29} \times 900 \times 836 = 675,30$$

Hitung tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{499,7}{0,75} - 675,3 = -9,3$$

Karena gaya geser tersebut mampu ditahan oleh beton, maka tulangan geser dihitung minimum. Tulangan terpasang tetap **4D13-90**.

Hitung tulangan geser yang diperlukan di luar l_0

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_{kolom} d$$

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{7870}{14 \times 900 \times 900} \right) \times 1 \times \sqrt{29} \times 900 \times 836$$

$$V_c = 1168,84$$

Hitung tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc = \frac{499,7}{0,75} - 1168,84 =$$

Jadi, $\frac{Av}{s}$ yang diperlukan lebih kecil dari persyaratan $\frac{A_{sh}}{s}$ pada perhitungan sebelumnya, maka dipasang **4D13-130**.

H. Perhitungan sambungan lewatan

Sambungan lewatan hanya boleh dipasang di tengah tinggi kolom, dan harus diikat dengan tulangan sengkang. Spasi tulangan sengkang pada daerah ini dipasang sesuai dengan daerah l_o , yaitu 4D13-90.

Digunakan sambungan class B karena semua tulangan akan disalurkan. Panjang minimum lewatan kelas B adalah $1,3l_d$.

$$l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b = \left(\frac{390 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 25 = 921,5 \text{ mm}$$

$$1,3l_d = 1,3 \times 921,5 = 1197,9 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}$$

4.6.7 Desain hubungan balok kolom

Dalam bagian ini akan diuraikan perhitungan desain pada hubungan balok kolom (HBK) yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok dan kolom. Persyaratan desain HBK, dijelaskan dalam uraian berikut :

a. Kontrol dimensi penampang kolom

Luas efektif HBK dinyatakan dalam A_j adalah :

$$A_j = b \times h = 900 \times 900 = 810000 \text{ mm}^2$$

Dalam SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3 panjang join harus lebih besar dari $20d_b$ longitudinal terbesar

$$20d_b = 20 \times 22 = 440 \text{ mm (Memenuhi)}$$

b. Penulangan geser pada joint HBK

SNI 2847:2013 pasal 21.7.3.1 mensyaratkan adanya tulangan confinement dalam HBK. Untuk join interior setidaknya digunakan setengah tulangan pada ujung-ujung kolom.

$$0,5A_{sh}/s = 0,5 \times 5,49 = 2,75 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Direncanakan dengan 2 kaki D13, maka spasi perlu adalah:

$$s = \frac{A_{sh}}{A_{sh}/s} = \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{2,75} = \frac{265,33}{2,75} = 96,48 \text{ mm}$$

Jadi tulangan geser pada join dipasang 2D13-90 dan dipasang sejauh 50mm dari tulangan balok atas.

c. Kontrol kuat geser pada HBK

$$M_e = 0,5 \times (M_{prb \text{ atas}} + M_{prb \text{ bawah}})$$

$$M_e = 0,5 \times (1033 + 616) = 824,5 \text{ kN} - m$$

$$V_{sway} = \frac{824,5 + 824,5}{3,3} = 499,7 \text{ kN}$$

Tinjau arah bolak-balik jadi, gaya yang bekerja yaitu:

➤ Gaya tarik tulangan balok di bagian kiri

$$T_1 = 1,25 \times A_s \times f_y$$

$$T_1 = 1,25 \times (11\pi 0,25 \times 22 \times 22) \times 390$$

$$T_1 = 2038,5 \text{ kN}$$

- Gaya tekan balok ke arah kiri

$$C_1 = T_1 = 2038,5 \text{ kN}$$

- Gaya tarik tulangan balok di bagian kanan

$$T_2 = 1,25 \times A_s \times f_y$$

$$T_2 = 1,25 \times (11\pi 0,25 \times 22 \times 22) \times 390$$

$$T_2 = 2038,5 \text{ kN}$$

- Gaya tekan balok ke arah kanan

$$C_2 = T_2 = 2038,5 \text{ kN}$$

Kuat geser nominal joint yang dikekang di keempat sisinya adalah:

$$V_u = V_j = V_{sway} - T_1 - C_2$$

$$V_u = 499,7 - 2038,5 - 2038,5 = 3577,3 \text{ kN}$$

$$V_n = 1,7\sqrt{f'_c}A_j$$

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{29} \times 810000 = 7415,4 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 7415,4 = 5561,55 \text{ kN} \geq 3577,3 \text{ kN}$$

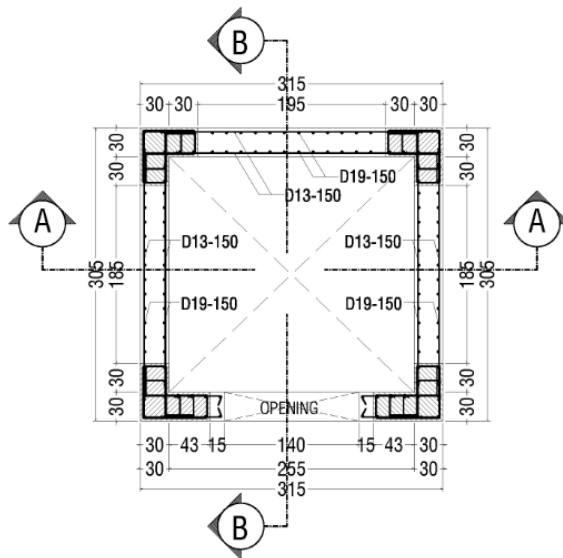
(memenuhi)

Jadi, kuat geser pada joint cukup menahan gaya geser yang terjadi.

4.7 Perbandingan material penyusun elemen

4.7.1 Perhitungan volume beton

Dalam sub bab ini akan disampaikan tata cara perhitungan volume beton struktur eksisting. Diambil satu contoh elemen yaitu corewall pada lantai 1.



Gambar 4.7.1 Potongan corewall

Luas persegi sisi luar :

$$L1 = 3,15 \times 3,05 = 9,61 \text{ m}^2$$

Luas persegi sisi dalam :

$$L2 = 2,55 \times 2,45 = 6,25 \text{ m}^2$$

Volume corewall tertutup :

$$V1 = (L1 - L2) \times \text{Tinggi} = (9,61 - 6,25) \times 5 = 16,8 \text{ m}^3$$

Volume opening lift :

$$V2 = l \times t \times \text{tinggi} = 1,4 \times 0,3 \times 2,5 = 1,05 \text{ m}^3$$

Volume akhir untuk corewall lantai 1 :

$$V = V1 - V2 = 16,8 - 1,05 = 15,75 \text{ m}^3$$

Untuk hasil perhitungan volume total setiap lantai disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.7.1 Kebutuhan volume beton sistem ganda

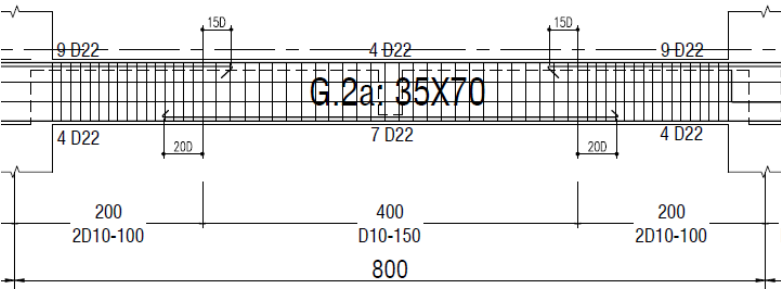
LANTAI	BALOK	KOLOM	TOTAL
	(m3)	(m3)	(m3)
LANTAI DASAR		220.8	220.8
LANTAI 1	159.5568	148.6	308.1568
LANTAI 2	156.8048	148.6	305.4048
LANTAI 3	156.8048	148.6	305.4048
LANTAI 4	156.8048	124.6	281.4048
LANTAI 5	156.8048	124.6	281.4048
LANTAI 6	156.8036	106.2	263.0036
LANTAI 7	156.8048	103.8	260.6048
LANTAI ATAP	156.8048	32.04	188.8448
LANTAI HELIPAD	64.736		64.736
TOTAL (m3)	1321.9252	1157.84	2479.7652

Tabel 4.7.27 Kebutuhan volume beton srpm

LANTAI	BALOK	KOLOM	TOTAL
	(m3)	(m3)	(m3)
LANTAI DASAR		218.40	218.40
LANTAI 1	160.87	174.72	335.59
LANTAI 2	159.21	144.80	304.01
LANTAI 3	159.21	144.80	304.01
LANTAI 4	159.21	118.40	277.61
LANTAI 5	159.21	118.40	277.61
LANTAI 6	159.21	95.52	254.73
LANTAI 7	152.52	95.52	248.04
LANTAI ATAP	159.21	35.49	194.70
LANTAI HELIPAD	64.74		64.74
TOTAL (m3)	1333.42	1146.05	2479.466

4.7.2 Perhitungan berat besi

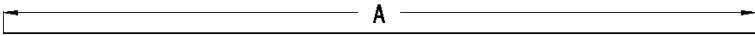
Dalam sub bab ini akan disampaikan tata cara perhitungan berat besi struktur eksisting. Diambil satu contoh elemen yaitu balok tipe G1A.



Gambar 4.7.2 Detil tulangan balok G2A

Tulangan dari elemen tersebut akan dijabarkan menjadi berikut :

- Tulangan utama menerus D22



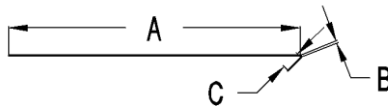
$$\text{Jumlah} = 8$$

$$\text{Panjang segmen A} = 8 \text{ m}$$

$$\text{Total panjang} = 8 \times 8 = 64 \text{ m}$$

$$\text{Total berat} = \frac{1}{4} \times \pi \times d \times d \times 64 \times 7850 = 190,98 \text{ kg}$$

- Tulangan utama atas terpotong D22



$$\text{Jumlah} = 10$$

$$\text{Panjang segmen A} = 2\text{m} + (15d) = 2,33 \text{ m (1 bh)}$$

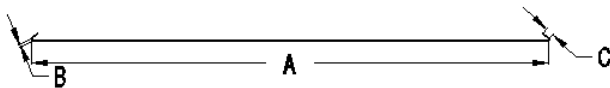
$$\text{Panjang segmen B} = 5d = 5 \times 0,022 = 0,11 \text{ m (1 bh)}$$

$$\text{Panjang segmen C} = 6d = 6 \times 0,022 = 0,132 \text{ m (1bh)}$$

$$\text{Total panjang} = 10 \times (2,33+0,11+0,132) = 25,72 \text{ m}$$

$$\text{Total berat} = \frac{1}{4} \times \pi \times d \times d \times 25,72 \times 7850 = 76,75 \text{ kg}$$

- Tulangan utama bawah terpotong D22



Jumlah = 3

Panjang segmen A = $4m + 2 \times (20d) = 4,88 \text{ m}$ (1 bh)

Panjang segmen B = $5d = 5 \times 0,022 = 0,11 \text{ m}$ (2 bh)

Panjang segmen C = $6d = 6 \times 0,022 = 0,132 \text{ m}$ (2 bh)

Total panjang = $3 \times (4,88 + 0,22 + 0,264) = 16,09 \text{ m}$

Total berat = $\frac{1}{4} \times \pi \times d \times d \times 16,09 \times 7850 = 48,02 \text{ kg}$

- Tulangan torsi D13



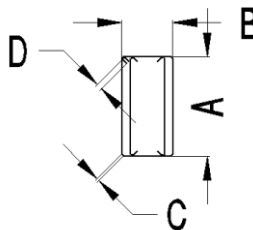
Jumlah = 4

Panjang segmen A = 8 m

Total panjang = $4 \times 8 = 32 \text{ m}$

Total berat = $\frac{1}{4} \times \pi \times d \times d \times 32 \times 7850 = 33,34 \text{ kg}$

- Tulangan sengkang tumpuan 4D10



Jumlah = 34

Panjang segmen A = 0,62 (4 bh)

Panjang segmen B = 0,27 m (2 bh)

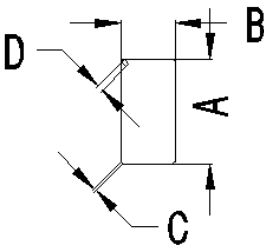
Panjang segmen C = $5d = 0,05 \text{ m}$ (8 bh)

Panjang segmen D = $6d = 0,06 \text{ m}$ (6 bh)

Total panjang = 128,52 m

Total berat = $\frac{1}{4} \times \pi \times d \times d \times 128,52 \times 7850 = 79,24 \text{ kg}$

- Tulangan sengkang lapangan D10



Jumlah = 26

Panjang segmen A = 0,62 (2 bh)

Panjang segmen B = 0,27 m (2 bh)

Panjang segmen C = $5d = 0,05 \text{ m}$ (4 bh)

Panjang segmen D = $6d = 0,06 \text{ m}$ (2 bh)

Total panjang = 54,6 m

Total berat = $\frac{1}{4} \times \pi \times d \times d \times 54,6 \times 7850 = 33,66 \text{ kg}$

Dari perhitungan diatas dapat dijumlahkan menjadi :

Berat 1 balok = $190,98 + 76,75 + 48,02 + 33,34 + 79,24 + 33,66$

= 461,99 kg

Berat tersebut dapat dibagi dengan volume beton dalam 1 sampel, untuk mendapatkan koefisien berat tulangan balok tipe tersebut.

$$\text{koef. tulangan G2A} = \frac{487,26}{0,35 \times 0,7 \times 8} = 206,25 \text{ kg/m}^3$$

Nilai koefisien tersebut dapat dikalikan dengan volume beton total tipe elemen tersebut untuk mendapatkan berat total tulangan. Untuk perhitungan total tulangan tiap lantai akan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.7.3 Kebutuhan berat tulangan sistem ganda

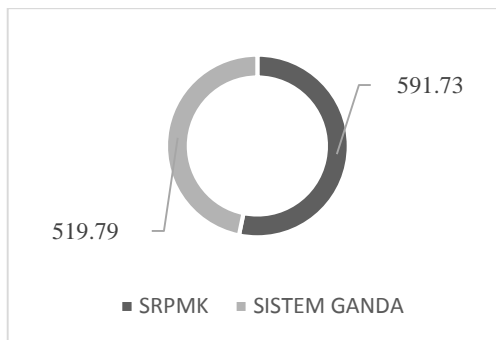
LANTAI	BALOK	KOLOM	TOTAL
	(kg)	(kg)	(kg)
LANTAI DASAR		46902.79	46902.79
LANTAI 1	34224.28	32333.79	66558.06
LANTAI 2	33617.76	31205.34	64823.10
LANTAI 3	33617.76	28906.47	62524.23
LANTAI 4	33617.76	27549.63	61167.39
LANTAI 5	31194.68	27549.63	58744.31
LANTAI 6	31194.43	23570.34	54764.78
LANTAI 7	32109.30	22324.37	54433.66
LANTAI ATAP	29315.82	7093.28	36409.11
LANTAI HELIPAD	13458.61		13458.61
TOTAL (kg)	272350.40	247435.65	519786.05
TOTAL (Ton)	272.35	247.44	519.79

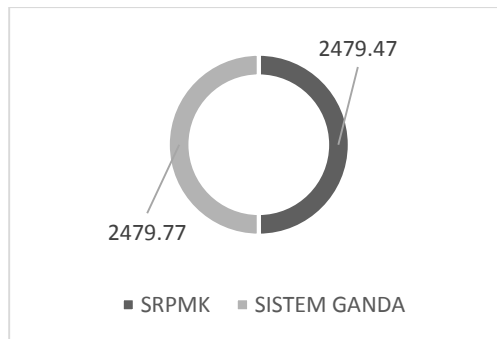
Tabel 4.7. 4 kebutuhan tulangan gedung srpm

LANTAI	BALOK	KOLOM	TOTAL
	(kg)	(kg)	(kg)
LANTAI DASAR		58382.00	58382.00
LANTAI 1	37782.18	46705.60	84487.78
LANTAI 2	37527.70	37236.56	74764.25
LANTAI 3	37527.70	37236.56	74764.25
LANTAI 4	36023.36	29783.92	65807.28
LANTAI 5	36023.36	29783.92	65807.28
LANTAI 6	34083.91	24038.42	58122.33
LANTAI 7	32626.20	24038.42	56664.61
LANTAI ATAP	31712.09	8950.50	40662.59
LANTAI HELIPAD	12263.59		12263.59
TOTAL (kg)	295570.06	296155.911	591725.98
TOTAL (Ton)	295.57	296.16	591.73

4.7.3 Perbandingan material struktur eksisting dan desain

Dari perhitungan pada sub bab 4.7.1 dan 4.7.2 dapat dibandingkan jumlah material penyusun pada tiap lantai seperti berikut :

**Gambar 4.7.3 Perbandingan volume baja tulangan**



Gambar 4.7.4 Perbandingan volume beton

Dari gambar 4.7.3 dapat dilihat terjadi kenaikan jumlah volume baja tulangan antara gedung eksisting dengan desain sebesar 13,84%. Sedangkan volume material beton tidak mengalami perbedaan signifikan meskipun dimensi mengalami perubahan, yakni kurang dari 1%.

4.8 Perbandingan anggaran biaya

Adanya perbedaan jumlah material yang digunakan, maka anggaran biayanya pun akan berbeda. Dalam tugas akhir ini, anggaran biaya dibatasi hanya menghitung harga material. Harga material ini mengikuti peraturan lokasi proyek yaitu Semarang.

Adapun untuk harga tulangan U-39 sesuai standarisasi harga satuan bahan, upah dan alat Kota Semarang tahun 2016 adalah **Rp.10.350,00**. Sedangkan untuk harga beton mengacu pada harga ready mix dengan merk dagang Holcim di Semarang adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8.1 Harga beton readymix

Tipe Mutu Beton	Slump	Harga
Beton K 300	12 \pm 2	Rp. 830.000,00
Beton K 350	12 \pm 2	Rp. 890.000,00

Sumber : holcimplantsemarang.blogspot.co.id

Maka anggaran biaya untuk material pekerjaan struktur utama pada gedung MAPOLDA Jawa Tengah adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8.2 Jumlah harga material gedung eksisting

Jenis Material	Volume	Harga Satuan	Jumlah harga
Baja tulangan	519786,05	10.350,00	Rp. 5.457.753.533,-
Beton K300	2479,76	830.000,00	Rp. 2.058.205.116,-
Total harga			Rp. 7.515.958.649,-

Tabel 4.8.3 Jumlah harga material gedung srpm

Jenis Material	Volume	Harga Satuan	Jumlah harga
Baja tulangan	591725,98	10.350,00	Rp. 6.213.122.792,-
Beton K300	2479,46	890.000,00	Rp. 2.206.724.740,-
Total harga			Rp. 8.419.847.532,-

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Struktur gedung ini aman dan memenuhi syarat untuk direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momen. Periode yang terjadi yaitu 1,492 berada diantara batas atas dan batas bawah seperti pembahasan pada sub bab 4.5.2. Simpangan antar lantai juga memenuhi persyaratan sesuai pembahasan pada sub bab 4.5.4.
2. Jumlah volume material pada struktur gedung menggunakan SRPM mengalami peningkatan sebanyak 13,84% pada volume baja tulangannya. Sedangkan untuk volume beton, dari kebutuhan material kedua gedung tidak mengalami perbedaan signifikan yaitu dibawah 1%.
3. Jumlah anggaran biaya untuk material beton dan tulangan pada gedung eksisting adalah Rp. 7.515.958.649,- sedangkan pada gedung yang didesain dengan srpm anggaran biayanya adalah Rp. 8.419.847.532,-. Terjadi peningkatan anggaran biaya sebesar 12,03% untuk gedung yang didesain pada tugas akhir ini apabila dibandingkan dengan eksisting.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Henuk, M. A. (2012). *Evaluasi Perilaku Inelastik Struktur Beton Bertulang Yang Menggunakan Dinding Geser Dengan Analisis Pushover*. Jogjakarta: Universitas Atma Jaya.
- Imran, I., & Hendrik, F. (2014). *Perencanaan lanjut struktur beton bertulang*. Bandung: ITB Press.
- Nasional, B. S. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.
- Nasional, B. S. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Purwono, R. (2005). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS press.
- Setiawan, A. (2016). *Perancangan struktur beton bertulang (Berdasarkan SNI 2847:2013)*. Jakarta: Erlangga.
- Windah, R. S. (2011). Penggunaan Dinding Geser Sebagai Elemen Penahan Gempa pada Bangunan Bertingkat 10 Lantai. *Media Engineering*, Vol.1 No.2.

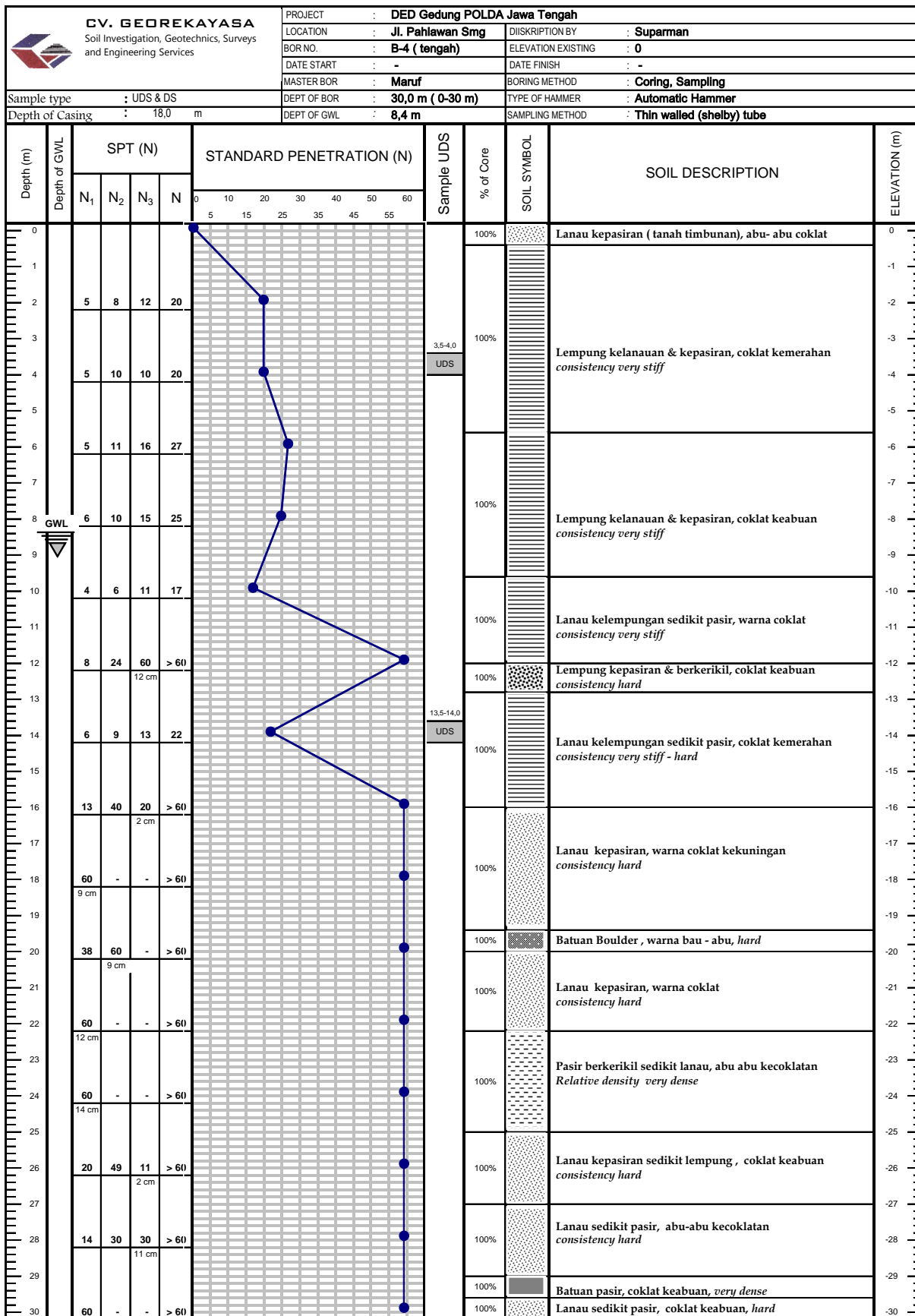
BIODATA PENULIS

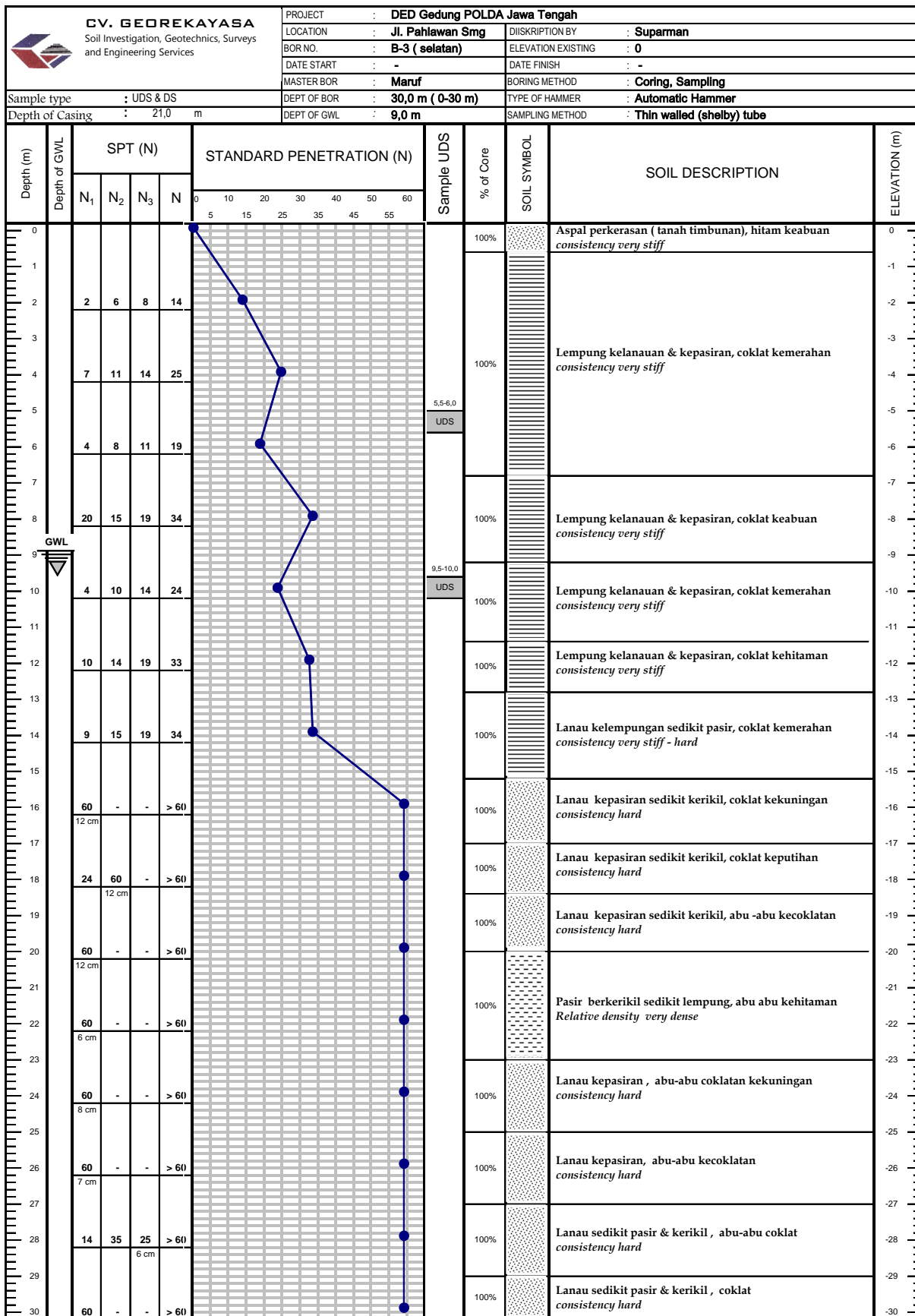


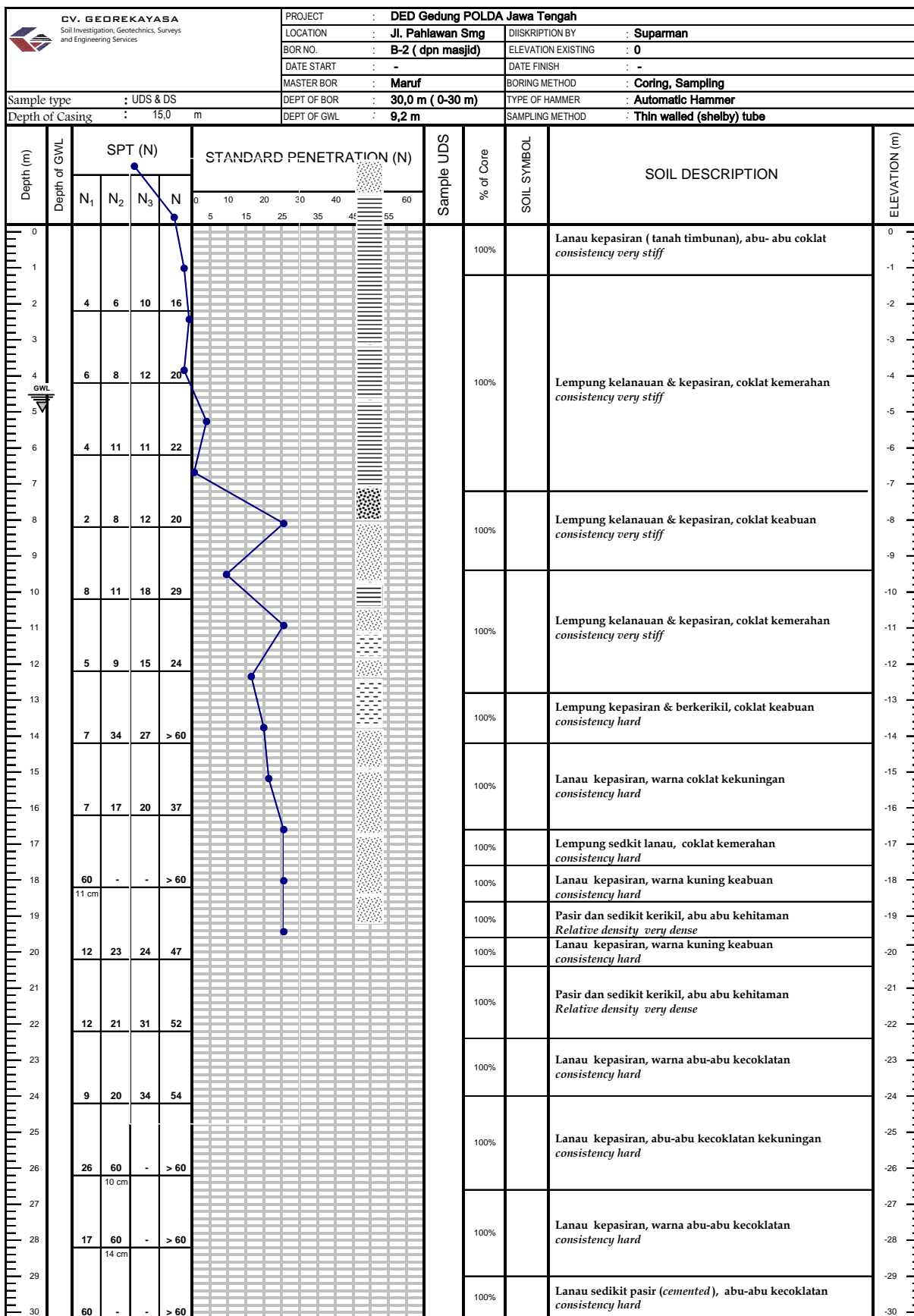
Penulis dilahirkan di Mojokerto, 4 Desember 1993, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Blooto 2 Mojokerto, SMPN 1 Mojokerto, SMAN 1 Puri Mojokerto kemudian melanjutkan studinya di D3 Teknik Sipil FTSP-ITS. Setelah lulus dari program D3 pada tahun 2015, penulis mengikuti Ujian

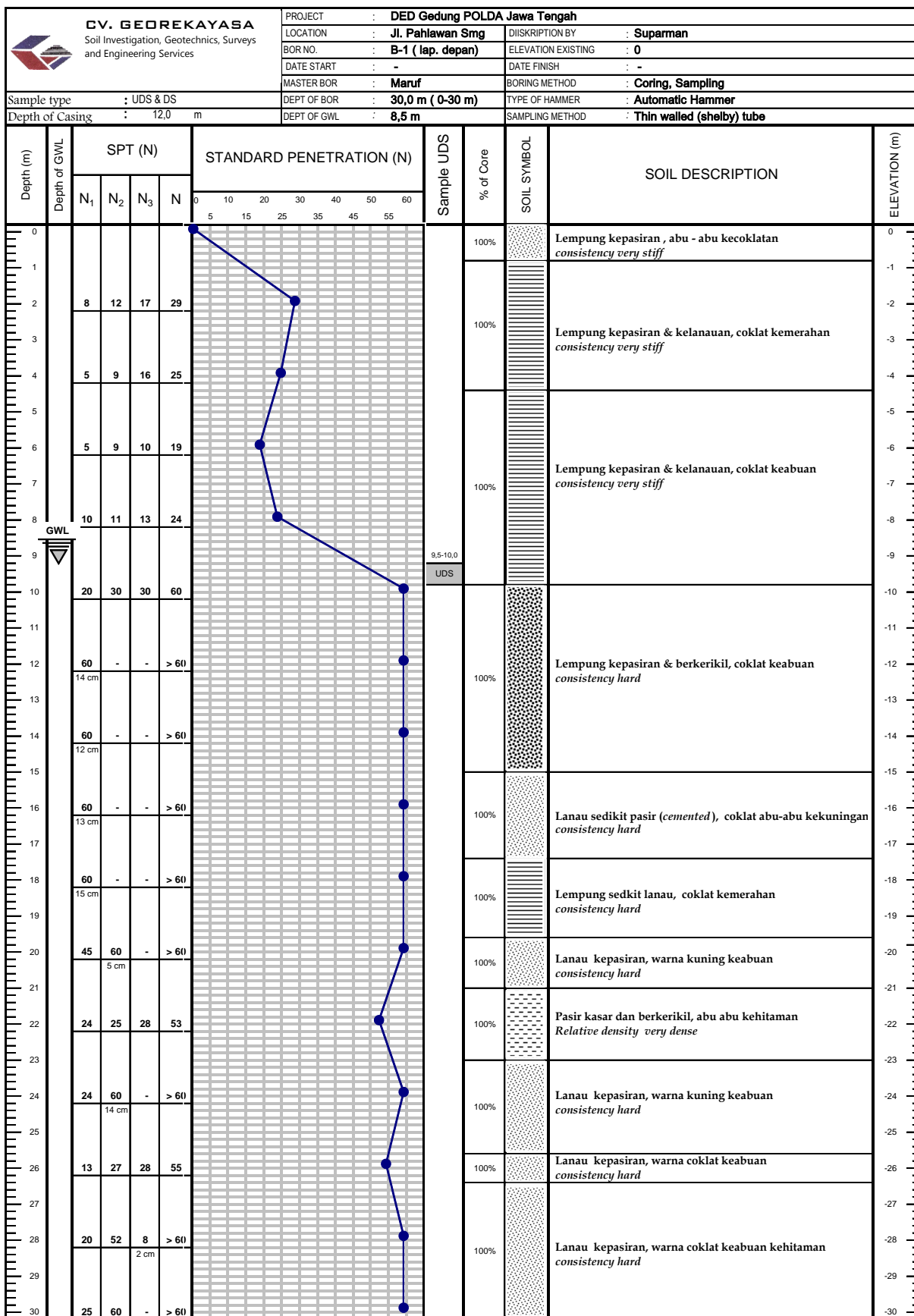
Masuk Diploma IV Lanjut Jenjang dan diterima di Program Studi Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi - ITS dan terdaftar dengan NRP. 3115 040 628. Di Program Studi Diploma IV Lanjut Jenjang ini, penulis mengambil bidang studi bangunan gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Program Studi, Fakultas dan Institut.

LAMPIRAN









RESUME PERHITUNGAN BALOK TIPE G2 AS 11.B-C
AS B-C/6

[illegible]

		ELEVASI BALOK								
		+5	+9	+13	+17	+21	+25	+29	+33	+36.5
Luas tulangan tekan (As')		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1145.03	
KONDISI AKTUAL TERPASANG										
Jumlah tul.longitudinal tarik (n As)		12.00	12.00	12.00	12.00	11.00	10.00	8.00	5.00	
Jumlah tul.longitudinal tekan (n As')		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	4.00	4.00	
Jumlah lapis tulangan tarik		2 lapis	2 lapis	2 lapis	2 lapis	2 lapis	2 lapis	2 lapis	1 lapis	
Jumlah lapis tulangan tekan		1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	
Luas tulangan tarik terpasang (As aktual)		4561.59	4561.59	4561.59	4561.59	4181.46	3801.33	3041.06	1900.66	
Luas tulangan tekan terpasang (As' aktual)		2280.80	2280.80	2280.80	2280.80	2280.80	1900.66	1520.53	1520.53	
Tinggi efektif aktual (d aktual)		610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	636.00	
Tinggi blok tekan aktual (a aktual)		109.97	111.58	109.97	109.97	100.62	96.38	73.31	75.18	
Momen nominal negatif tereduksi (ØMn- aktual)		920.94	919.41	920.94	920.94	848.45	771.09	625.89	399.22	
Momen nominal positif tereduksi (ØMn+ aktual)		465.14	464.49	465.14	465.14	468.88	392.15	319.87	319.38	
KONTROL										
Kontrol ØMn- aktual		SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	
Kontrol ØMn+ aktual		SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	
Kontrol ØMn+ ≥ 1/2ØMn-]		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
Kontrol p terhadap p min dan p max		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
Kontrol p' terhadap p min dan p max		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
Kontrol terkendali tarik		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
JADI, TULANGAN TARIK DIPAKAI		12-D22	12-D22	12-D22	12-D22	11-D22	10-D22	8-D22	5-D22	
JADI, TULANGAN TEKAN DIPAKAI		6-D22	6-D22	6-D22	6-D22	6-D22	5-D22	4-D22	4-D22	
TULANGAN LENTUR LAPANGAN										
1/4 Momen nominal terbesar (1/4ØMn)		230.24	229.85	230.24	230.24	212.11	192.77	156.47	99.80	
m		15.82	15.82	15.82	15.82	15.82	15.82	15.82	15.82	
Momen nominal (Mn+)		257.78	340.00	330.00	322.22	288.89	265.56	197.78	165.56	
Rn		1.59	2.10	2.04	1.99	1.79	1.64	1.22	1.02	
p perlu		0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
Luas tulangan tarik (As)		1336.60	2466.28	1656.88	1632.46	1476.55	1370.24	1059.84	913.71	
Momen nominal (Mn-)		230.24	243.33	234.44	230.24	212.11	192.77	156.47	99.80	
Rn		1.42	1.50	1.45	1.42	1.31	1.19	0.97	0.62	
p perlu		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Luas tulangan tekan (As')		1218.07	1284.18	1241.05	1232.87	1145.52	1058.32	885.38	639.34	
KONDISI AKTUAL TERPASANG										
Jumlah tul.longitudinal tarik (n As)		4.00	7.00	5.00	5.00	4.00	4.00	3.00	3.00	
Jumlah tul.longitudinal tekan (n As')		4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00	
Jumlah lapis tulangan tarik		1 lapis	2 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	
Jumlah lapis tulangan tekan		1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	1 lapis	
Luas tulangan tarik terpasang (As aktual)		1520.53	2660.93	1900.66	1900.66	1520.53	1520.53	1140.40	1140.40	
Luas tulangan tekan terpasang (As' aktual)		1520.53	1520.53	1520.53	1520.53	1520.53	1140.40	1140.40	1140.40	
Tinggi efektif aktual (d aktual)		636.00	610.00	636.00	636.00	636.00	636.00	636.00	636.00	
Tinggi blok tekan aktual (a aktual)		60.14	105.25	75.18	75.18	60.14	60.14	45.11	45.11	
Momen nominal negatif tereduksi (ØMn- aktual)		323.39	520.58	399.22	399.22	323.39	323.39	245.55	245.55	
Momen nominal positif tereduksi (ØMn+ aktual)		323.39	297.47	319.38	319.38	323.39	242.54	245.55	245.55	

		ELEVASI BALOK								
		+5	+9	+13	+17	+21	+25	+29	+33	+36.5
KONTROL										
Kontrol ØMn+ aktual		SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	
Kontrol ØMn- aktual		SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	
Kontrol p terhadap p min dan p max		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
Kontrol p' terhadap p min dan p max		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
Kontrol terkendali tarik		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
JADI, TULANGAN TARIK DIPAKAI		4-D22	7-D22	5-D22	5-D22	4-D22	4-D22	3-D22	3-D22	
JADI, TULANGAN TEKAN DIPAKAI		4-D22	4-D22	4-D22	4-D22	4-D22	3-D22	3-D22	3-D22	
PERHITUNGAN TULANGAN GESER										
DAERAH SENDI PLASTIS										
Wu		61.69	63.10	63.10	62.50	61.67	60.27	58.63	42.70	
Panjang daerah sendi plastis (lo)		1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	
apr-1		112.77	112.77	112.77	112.77	112.77	93.97	75.18	75.18	
apr-2		225.54	225.54	225.54	225.54	206.74	187.95	150.36	93.97	
Momen lentur yang mungkin (Mpr-1)		615.56	615.56	615.56	615.56	615.56	521.67	424.30	443.58	
Momen lentur yang mungkin (Mpr-2)		1105.73	1105.73	1105.73	1105.73	1032.75	956.27	792.88	545.76	
Gaya geser desain (Ve-1)		461.44	466.44	466.44	464.07	450.93	422.46	380.74	291.69	
Gaya geser desain (Ve-2)		23.44	18.44	18.44	14.07	6.93	17.54	47.26	24.31	
Syarat Vc=0 (1)		OK	OK	OK	OK	OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	
Syarat Vc=0 (2)		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
Kontribusi beton menahan geser (Vc)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	228.33	228.33	228.33	
Vs		615.25	621.91	621.91	618.76	601.24	334.95	279.32	160.60	
Av/s		2.59	2.61	2.61	2.60	2.53	1.41	1.17	0.65	
Avt/s		3.73	3.80	3.78	3.81	3.69	2.55	2.23	1.66	
Jumlah kaki direncanakan (n)		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
Luas tulangan sengkang digunakan (Avt)		398.20	398.20	398.20	398.20	398.20	398.20	398.20	398.20	
Spasi tulangan butuh (s perlu)		100.90	104.75	100.38	104.52	107.83	156.04	178.43	239.60	
Spasi digunakan (s)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
SYARAT		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Vs max		913.32	913.32	913.32	913.32	913.32	913.32	913.32	913.32	
Avt/s min (1)		0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	
Avt/s min (2)		0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	
spasi maksimum (smaks) (1)		159.00	152.50	159.00	159.00	159.00	159.00	159.00	159.00	
spasi maksimum (smaks) (2)		132.00	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00	
spasi maksimum (smaks) (3)		150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	
spasi maksimum (smaks) (4)		228.50	228.50	228.50	228.50	228.50	228.50	228.50	228.50	
KONTROL		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Kontrol Vs max		SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	
Kontrol Avt/s min		SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	
Kontrol spasi maksimum		SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	SAFE	
DAERAH DILUAR SENDI PLASTIS										
Gaya geser desain (Ve)		375.07	378.10	378.10	376.57	364.60	338.07	298.66	231.91	
Kontribusi beton menahan geser (Vc)		219.00	219.00	219.00	219.00	219.00	219.00	219.00	228.33	

[illegible]

RESUME

TORSI

JADI TULANGAN TORSI SISI DIPAKAI

LENTUR TUMPUAN

JADI, TULANGAN TARIK DIPAKAI

JADI, TULANGAN TEKAN DIPAKAI

LENTUR LAPANGAN

JADI, TULANGAN TARIK DIPAKAI

JADI, TULANGAN TEKAN DIPAKAI

GESER

Jadi, pada daerah sendi plastis dipakai

Jadi, pada daerah luar sendi plastis dipakai

[illegible]

DESAIN TULANGAN KOLOM
K1-2593

[1] DATA PENAMPANG DAN MATERIAL KOLOM

Lebar kolom (b) :	900.00 mm	
Panjang kolom (h) :	900.00 mm	
Tinggi kolom (l) :	4000.00 mm	
Tinggi bersih kolom (lu)	3300.00 mm	
Tinggi efektif (d)	834.50 mm	
Selimut beton :	40.00 mm	[Jarak bersih serat luar dengan tul.transversal]
Mutu beton (f _c) :	29.00 N/mm ²	[Kuat tekan beton silinder]
Mutu tulangan (f _y) :	390.00 N/mm ²	[Tulangan ulir, longitudinal]
Mutu tulangan (f _{yt}) :	390.00 N/mm ²	[Tulangan polos, transversal]
φ _{tul.longitudinal} :	25.00 mm	[Diameter rencana tul.longitudinal]
φ _{tul.transversal} :	13.00 mm	[Diameter rencana tul.transversal]
φ _{tul.torsi} :	mm	[Diameter rencana tul.penahan torsi]
Perhitungan β ₁ :	0.8429	[0,85-((f _c -28)/7)*0,05] [SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3]

[2] DATA PENAMPANG BALOK

Dimensi balok kanan	400.00 mm	[Lebar balok (b)]
	700.00 mm	[Tinggi balok (h)]
Dimensi balok kiri	400.00 mm	[Lebar balok (b)]
	700.00 mm	[Tinggi balok (h)]
ØMn balok kanan	845.00 KN-m	[ØMn ⁻]
	468.00 KN-m	[ØMn ⁺]
ØMn balok kiri	845.00 KN-m	[ØMn ⁻]
	468.00 KN-m	[ØMn ⁺]

[3] FAKTOR REDUKSI KEKUATAN

Faktor reduksi kekuatan torsi (Ø) :	0.75	[SNI 2847:2013 Pasal 9.3]
Faktor reduksi kekuatan lentur (Ø) :	0.90	[SNI 2847:2013 Pasal 9.3]
Faktor reduksi kekuatan geser (Ø) :	0.75	[SNI 2847:2013 Pasal 9.3]

[4] GAYA DALAM TERFAKTOR

ØPn kolom dibawah kolom desain	9097.00 KN	[Kombinasi Envelope, SAP2000] K1
ØPn kolom desain :	7963.00 KN	[Kombinasi Envelope, SAP2000]
Aksial terkecil kolom desain (Nu)	606.00 KN	[SAP2000]
ØPn kolom diatas kolom desain	6950.00 KN	[Kombinasi Envelope, SAP2000] K2
Geser Ultimate (Vu)	213.00 KN	[Kombinasi Envelope, SAP2000]
Torsi Ultimate (Tu) :	32.00 KN-m	[Kombinasi Envelope, SAP2000]

[5] OUTPUT SPCOL

ØMn kolom dibawah kolom desain (ØMn-blw)	1702.00 KN-m
ØMn kolom desain (ØMn-dsn)	1850.00 KN-m
ØMn kolom diatas kolom desain (ØMn-abv)	1284.00 KN-m
M _{prc}	3084.00 KN-m
Jumlah tulangan lentur	16.00 buah
Prosentase tulangan lentur	

[6] KONTROL PENAMPANG

Syarat (1)	OK	[Pu > Ag.f _c /10 = 2349 kN]
Syarat (2)	OK	[sisi penampang terpendek > 300 mm]
Syarat (3)	OK	[b/h ≥ 0,4]

[7] KONTROL KUAT KOLOM

ΣMc-1 = ØMn-blw + ØMn-dsn	3552.00 KN-m	
ΣMc-2 = ØMn-abv + ØMn-dsn	3134.00 KN-m	
1,2ΣMg	1575.60 KN-m	[1,2*(ØMn ⁺ balok kanan + ØMn ⁻ balok kiri)]
Kontrol-1	SAFE	[Karena syarat ΣMc > 1,2ΣMg terpenuhi]
Kontrol-2	SAFE	[Karena syarat ΣMc > 1,2ΣMg terpenuhi]

[8] DESAIN TULANGAN CONFINEMENT DAERAH lo

[SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4]

Mprb tulangan atas	1033.00 KN-m	
Mprb tulangan bawah	616.00 KN-m	
bc1	820.00 mm	[$h-(2*\text{selimut})$] [Dimensi penampang yang diukur ke tepi tul.trar
bc2	820.00 mm	[$b-(2*\text{selimut})$] [Dimensi penampang yang diukur ke tepi tul.trar
Ach	672400.00 mm	[$bc1*bc2$]
Ash/s minumum 1	3.74 mm ² /mm	[$0,3*(bc*f_c/f_yt)*((A_g/Ach)-1)$]
Ash/s minumum 2	5.49 mm ² /mm	[$0,09*bc*f_c/f_yt$]
[SNI Pasal 21.6.4.3] Spasi maksimum-1	225.00 mm	[$0,25*\text{dimensi penampang kolom terkecil}$]
[SNI Pasal 21.6.4.3] Spasi maksimum-2	150.00 mm	[$6*\phi_{tul.longitudinal}$]
[SNI Pasal 21.6.4.3] Spasi maksimum-3	125.56 mm	[$100+((350-h_x)/3)$, asumsi nilai $h_x=1/4bc$ untuk sengkang 4 kak
Jumlah kaki confinement direncanakan	4.00 buah	[Direncanakan]
Luas tulangan confinement direncanakan	530.93 mm ²	[$n*0,25*\pi*d^2$]
Spasi diperlukan	96.75 mm	[Ash / Ash/s]
Spasi digunakan (s)	90.00 mm	[Direncanakan]
Kontrol terhadap Ash/s minimum	SAFE	
Kontrol terhadap spasi maksimum	SAFE	
lo maksimum-1	900.00 mm	[penampang kolom di join] [SNI Pasal 21.6.4.1]
lo maksimum-2	666.67 mm	[$1/6*lu$] [SNI Pasal 21.6.4.1]
lo maksimum-3	450.00 mm	[450] [SNI Pasal 21.6.4.1]

Jadi, hoops 4D13-90 dipasang sepanjang 900 mm dari joint

[8] DESAIN TULANGAN CONFINEMENT DILUAR lo

Diluar panjang lo yang ditetapkan, tulangan confinement dipasang dengan syarat

[SNI Pasal 21.6.4.5] Spasi maksimum-1	150.00 mm	[$6*\phi_{tul.longitudinal}$]
[SNI Pasal 21.6.4.5] Spasi maksimum-2	150.00 mm	[150 mm]

Jadi, hoops 4D13-150 dipasang sepanjang bentang diluar panjang lo

[9] DESAIN TULANGAN GESER DAERAH lo

V sway-1	1869.09 KN-m	[(Mprc atas + Mprc bawah)/lu]
V sway-2	499.70 KN-m	[(Mprb atas*DF atas + Mprb bawah*DF bawah)/lu] [DF=0,5]
Gaya geser desain digunakan (Ve)	499.70 KN-m	[$V_{sway-1} \leq V_{sway-2}$, $V_e \geq V_u$ SAP2000] [SNI Pasal 21.6.5.1]
Syarat $V_c=0$ (1)	OK	[$V_e \geq 1/2V_u$]
Syarat $V_c=0$ (2)	NOT OK	[$P_u < A_g f_c / 10$]
Kontribusi beton menahan geser (Vc) :	674.09 KN	[Syarat tidak terpenuhi, $V_c=0,17*\sqrt{f_c}*b*d$]
Kontrol kebutuhan tulangan geser	Perlu	[Karena $V_u/\phi \geq 0,5V_c$ maka perlu tulangan geser]
Kebutuhan tulangan geser	Minimum	[Jika $V_u/\phi \leq V_c+1/3bd$, maka diperlukan tulangan geser minimur
Av/s-minimum	0.77 mm ² /mm	[$b/3f_yt$]
Vs :	0.00 KN	[$(V_e/\phi)-V_c$]
Av/s :	0.0000 mm ² /mm	[$V_s/(f_y*d)$]
Jumlah kaki direncanakan (n) :	4.00 kaki	[Direncanakan]
Luas tulangan sengkang digunakan (Av) :	530.93 mm ²	[$1/4*\pi*d^2*n$ kaki]
Spasi tulangan butuh (s perlu) :	690.21 mm	
Spasi digunakan (s) :	140.00 mm	[Direncanakan]

Jadi tetap menggunakan tulangan confinement 4D13-90

[10] DESAIN TULANGAN GESER DILUAR DAERAH lo

Vc	724.31 KN	[$0,17*(1+(Nu/14A_g))*\lambda*v_f*c*b*d$]
Kontrol kebutuhan tulangan geser	Tidak perlu	[Jika $V_c \geq V_u/\phi$, Maka tidak diperlukan tulangan geser]

Jadi tetap menggunakan tulangan confinement 4D13-90

[11] DESAIN HUBUNGAN BALOK KOLOM

Luas efektif joint (Aj)	810000.00 mm	[$b*h$]
Kontrol panjang joint	OK	[$20*tul.tarik < b$ atau h , $500 < 900$]
0,5 As/h	2.74 mm ² /mm	[SNI 2847:2013 21.7.2.3]
Jumlah kaki confinement direncanakan	2.00 buah	[Direncanakan]
Luas tulangan confinement direncanakan	265.46 mm ²	[$n*0,25*\pi*d^2$]
Spasi diperlukan	96.75 mm	[Ash / Ash/s]
Spasi digunakan (s)	90.00 mm	[Direncanakan]

Jadi dipasang D13-90 pada daerah join

[12]

KONTROL KUAT GESER HBK

Me	824.50 KN-m	[$0,5 \cdot (M_{prb\ atas} + M_{prb\ bawah})$]
Vsway	499.70 KN	[$(M_e + M_e) / l_n$]
T1	2038.46 KN	[$1,25 \cdot A_s \cdot f_y$] [Gaya tarik tulangan balok kiri]
C1	2038.46 KN	[sama dengan T1] [Gaya tekan balok kiri]
T2	2038.46 KN	[$1,25 \cdot A_s \cdot f_y$] [Gaya tarik tulangan balok kanan]
C2	2038.46 KN	[sama dengan T2] [Gaya tekan balok kanan]
Vu	3577.23	[$V_{sway} - T1 - C2$]
ϕV_n	7415.37	[$1,7 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_j$]
Kontrol	SAFE	

Perhitungan Pelat Tipe S1

Pelat 2 Arah Metode Perencanaan Langsung SNI 2847-2013 Pasal 13.6

[1]

DATA PENAMPANG DAN MATERIAL

Bentang panjang (l_y)	4000 mm
Bentang pendek (l_x)	4000 mm
Bentang bersih (l_n)	3600 mm
Tebal pelat rencana (t)	120 mm
Selimut beton	20 mm
Tebal efektif arah x (dx)	93.5 mm
Tebal efektif arah y (dy)	80.5 mm
Rencana diameter tulangan (\emptyset)	13 mm
Lebar balok (b)	400 mm
Tinggi balok (h)	700 mm
Mutu beton (f'_c)	29 N/mm ²
Mutu baja ulir (f_y)	390 N/mm ²
Mutu baja polos (f_y)	240 N/mm ²
Berat jenis beton bertulang	2400 kg/m ³

[2]

KONTROL KETEBALAN MINIMUM

Lebar balok T (b_w)	400	
Tinggi balok T (h_w)	580	
Lebar efektif sayap balok (b_e)	1560 mm	[$b_w + 2h_w$]
Luas bagian sayap (A_1)	187200 mm ²	[$b_e \cdot t$]
Luas bagian badan (A_2)	232000 mm ²	[$b_w \cdot h_w$]
Luas total (A_T)	419200 mm ²	[$A_1 + A_2$]
Jarak titik berat A_1 terhadap sisi atas (x_1)	60 mm	[$0.5 \cdot t$]
Jarak titik berat A_2 terhadap sisi atas (x_2)	410 mm	[$(0.5 \cdot h_w) + t$]
Posisi titik berat total dari sisi atas (X)	253.70 mm	[$((A_1 \cdot x_1) + (A_2 \cdot x_2)) / A_T$]
Jarak x_1 terhadap X (y_1)	193.70 mm	[$X - x_1$]
Jarak x_2 terhadap X (y_2)	156.30 mm	[$x_2 - X$]
Momen inersia balok (I_b)	19419747379 mm ⁴	[$((1/12 \cdot b_e \cdot t^3) + (A_1 \cdot y_1^2)) + ((1/12 \cdot b_w \cdot h_w^3) + (A_2 \cdot y_2^2))$]
Momen inersia pelat arah l_y (I_1)	576000000 mm ⁴	[$1/12 \cdot l_y \cdot t^3$]
αf_1	33.71	[I_b / I_1]
Momen inersia pelat arah l_x (I_2)	576000000 mm ⁴	[$1/12 \cdot l_x \cdot t^3$]
αf_2	33.715	[I_b / I_2]
αf_m	33.715	[$\alpha f_1 + \alpha f_2 / 2$]
β	1.000	[l_y / l_x]
Karena $\alpha f_m > 2$, maka h min	86.29 mm	

[3]

BEBAN TERFAKTOR

Berat sendiri pelat	288 kg/m ²	
Berat mati tambahan	157 kg/m ²	
Beban mati (q_d)	445 kg/m ²	
Beban hidup (q_l)	300 kg/m ²	
Beban terfaktor ultimate (q_u)	1014 kg/m²	[$1.2q_d + 1.6q_l$]
Kontrol beban untuk perhitungan ddm	OK	[$q_l \leq 2q_d$]

[4]

PERHITUNGAN MOMEN PADA PELAT

Momen total statistik arah x (M_{ol})	6570.72 kg-m	[$(q_u \cdot l_y \cdot l_n^2) / 8$]
Momen total statistik arah y (M_{os})	6570.72 kg-m	[$(q_u \cdot l_x \cdot l_n^2) / 8$]
Pembagian momen total arah x		
Tumpuan	3203.23 kg-m	[$k \cdot \text{momen negatif} \cdot k \cdot \text{tumpuan} \cdot M_{ol}$]
Lapangan	919.90 kg-m	[$k \cdot \text{momen positif} \cdot k \cdot \text{lapangan} \cdot M_{ol}$]
Perhitungan momen per satuan lebar arah x		
Tumpuan	1601.61 kg-m/m	[$\text{momen total tumpuan} / \text{lebar lajur tumpuan}$]
Lapangan	459.95 kg-m/m	[$\text{momen total lapangan} / \text{lebar lajur lapangan}$]
Pembagian momen total arah y		
Tumpuan	3203.23 kg-m	[$k \cdot \text{momen negatif} \cdot k \cdot \text{tumpuan} \cdot M_{os}$]
Lapangan	919.90 kg-m	[$k \cdot \text{momen positif} \cdot k \cdot \text{lapangan} \cdot M_{os}$]
Perhitungan momen per satuan lebar arah y		
Tumpuan	1601.61 kg-m/m	[$\text{momen total tumpuan} / \text{lebar lajur tumpuan}$]
Lapangan	459.95 kg-m/m	[$\text{momen total lapangan} / \text{lebar lajur lapangan}$]

PERHITUNGAN TULANGAN PELAT

Lebar desain	1000 mm	
Asumsi faktor reduksi (terkendali tarik)	0.9 mm	
ρ minimum	0.0018	
s max 1	240 mm	[2*tebal pelat]
s max 2	450 mm	[SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2]

ARAH X**Tumpuan**

Rn	2.036 N/mm ²	[$M_u / (\phi b d x^2)$]
m	15.822	[$f_y / 0.85 f_c$]
ρ perlu	0.0055	[$1/m * (1 - \sqrt{1 - (2 * m * R_n / f_y)})$]
Luas tulangan perlu (As)	510.03 mm ²	[$\rho * b * d x$]
Spasi tulangan direncanakan (s)	200 mm	
Luas tulangan terpasang (As aktual)	663.66 mm ²	[$0.25 * \pi * d * d * (b/s)$]

Lapangan

Rn	0.585 N/mm ²	[$M_u / (\phi b d x^2)$]
m	15.822	[$f_y / 0.85 f_c$]
ρ perlu	0.0018 minimum	[$1/m * (1 - \sqrt{1 - (2 * m * R_n / f_y)})$]
Luas tulangan perlu (As)	168.30 mm ²	[$\rho * b * d x$]
Spasi tulangan direncanakan (s)	200 mm	
Luas tulangan terpasang (As aktual)	663.66 mm ²	[$0.25 * \pi * d * d * (b/s)$]

ARAH Y**Tumpuan**

Rn	2.746 N/mm ²	[$M_u / (\phi b d x^2)$]
m	15.822	[$f_y / 0.85 f_c$]
ρ perlu	0.0075	[$1/m * (1 - \sqrt{1 - (2 * m * R_n / f_y)})$]
Luas tulangan perlu (As)	602.51 mm ²	[$\rho * b * d y$]
Spasi tulangan direncanakan (s)	200 mm	
Luas tulangan terpasang (As aktual)	663.66 mm ²	[$0.25 * \pi * d * d * (b/s)$]

Lapangan

Rn	0.789 N/mm ²	[$M_u / (\phi b d x^2)$]
m	15.822	[$f_y / 0.85 f_c$]
ρ perlu	0.0021	[$1/m * (1 - \sqrt{1 - (2 * m * R_n / f_y)})$]
Luas tulangan perlu (As)	165.47 mm ²	[$\rho * b * d y$]
Spasi tulangan direncanakan (s)	200 mm	
Luas tulangan terpasang (As aktual)	663.66 mm ²	[$0.25 * \pi * d * d * (b/s)$]

KesimpulanTumpuan arah X **D13-200**Lapangan arah X **D13-200**Tumpuan arah Y **D13-200**Lapangan arah Y **D13-200****PERHITUNGAN TULANGAN SUSUT**

S max 1	600 mm	[5*tebal pelat]
S max 2	450 mm	[SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2]
Rencana diameter tulangan susut (ϕ)	8 mm	

Arah X

Luas tulangan minimum (As min)	168.3 mm ²	[$\rho_{min} * b * d x$]
Spasi tulangan direncanakan (s)	250 mm	
Luas tulangan terpasang (As aktual)	201.06 mm ²	[$0.25 * \pi * d * d * (b/s)$]

Arah Y

Luas tulangan minimum (As min)	168.3 mm ²	[$\rho_{min} * b * d x$]
Spasi tulangan direncanakan (s)	250 mm	
Luas tulangan terpasang (As aktual)	201.06 mm ²	[$0.25 * \pi * d * d * (b/s)$]

KONTROL RETAK

Cc	33 mm	[cover + ϕ .tul]
fs	260 N/mm ²	[$2/3 * f_y$]
S1	326.73 mm	[$380 * (280 / f_s) - (2.5 * C_c)$]
Dan tidak lebih dari S2	323.08 mm	[$300 * (280 / f_s)$]

SAFE**KONTROL LENDUTAN**

δ ljin	11.11 mm	[$L/360$]
q ijin	745 kg/m ²	[$q_l + q_d$]

M0	4827.60	
Pembagian momen total arah x		
Tumpuan	2353.46 kg-m	[k.momen negatif*k.tumpuan*Mol]
Lapangan	675.86 kg-m	[k.momen positif*k.lapangan*Mol]
Perhitungan momen per satuan lebar arah x		
Tumpuan	1176.73 kg-m/m	[momen total tumpuan / lebar lajur tumpuan]
Lapangan	337.93 kg-m/m	[momen total lapangan / lebar lajur lapangan]
Ec	25310.27 N/mm ²	[4700√f'c]
I _g	576000000 mm ⁴	
λ	1	[SNI 2847:2013 Pasal 8.6.1]
f _r	3.34 N/mm ²	[0.62*λ*√f'c]
y _t	60 mm	[0.5*tebal pelat]
M _{cr}	32052500.93 Nmm	[f _r *I _g /y _t]
I _{cr}	74389181.21 mm ⁴	[(1/3*b*y _t ³)+(As pasang *y _t ²)]
I _e	10137361887 mm ⁴	[(M _{cr} /Ma) ³ *I _g + (1-(M _{cr} /Ma) ³ *I _{cr})]
Lendutan yang terjadi (δ)	9.68 mm	[(5/384)*(qijin*L ⁴)/EI]
	SAFE	

RESUME PERHITUNGAN TULANGAN BALOK INDUK

Tipe Balok		G0	G1A	G1B	G1C	G2A	G2B	
Dimensi	Panjang	400 mm	400 mm	400 mm	400 mm	400 mm	400 mm	
	Lebar	800 mm	700 mm	700 mm	700 mm	700 mm	700 mm	
Tul. Lentur tumpuan	Atas	10 D22	11 D22	10 D22	7 D22	12 D22	9 D22	
	Bawah	5 D22	6 D22	5 D22	4 D22	6 D22	5 D22	
Tul. Lentur lapangan	Atas	4 D22	4 D22	4 D22	3 D22	4 D22	4 D22	
	Bawah	7 D22	6 D22	5 D22	4 D22	7 D22	6 D22	
Tul. torsi		4 D16	4 D16	4 D16	4 D16	4 D16	4 D16	
Tulangan geser	Tumpuan	3D13 - 100	3D13 - 100	3D13 - 100	3D13 - 100	3D13 - 100	3D13 - 100	
	Lapangan	3D13 - 150	3D13 - 150	3D13 - 150	3D13 - 150	3D13 - 150	3D13 - 150	

Tipe Balok		G3A	G3B	G4A	G4B	G5A	G5B	G6
Dimensi	Panjang	350 mm	350 mm	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
	Lebar	500 mm	500 mm	600 mm	600 mm	500 mm	500 mm	400 mm
Tul. Lentur tumpuan	Atas	7 D22	6 D22	7 D22	6 D22	7 D22	6 D22	6 D22
	Bawah	5 D22	4 D22	5 D22	3 D22	4 D22	3 D22	3 D22
Tul. Lentur lapangan	Atas	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22
	Bawah	5 D22	4 D22	5 D22	3 D22	4 D22	3 D22	3 D22
Tul. torsi		4 D13	2 D13	4 D16	4 D16	4 D16	4 D16	2 D13
Tulangan geser	Tumpuan	3D13 - 100	3D13 - 100	3D13 - 100	3D13 - 100	3D13 - 90	3D13 - 100	3D13 - 100
	Lapangan	3D13 - 150	3D13 - 150	3D13 - 150	3D13 - 150	3D13 - 140	3D13 - 150	3D13 - 150

RESUME PERHITUNGAN TULANGAN KOLOM

Tipe kolom		G0	G1A	G1B	G1C
Dimensi	Panjang	900 mm	800 mm	700 mm	600 mm
	Lebar	900 mm	800 mm	700 mm	600 mm
Tulangan lentur	Tumpuan	16 D25	16 D25	12 D25	12 D25
	Lapangan	16 D25	16 D25	12 D25	12 D25
Tulangan geser	Tumpuan	4D13 - 90	4D13 - 100	4D13 - 125	4D13 - 130
	Lapangan	4D13 - 150	4D13 - 150	4D13 - 150	4D13 - 150
	HBK	D13 - 90	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 130

RESUME PERHITUNGAN TULANGAN BALOK ANAK DAN SLOOF


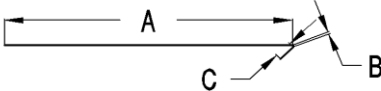
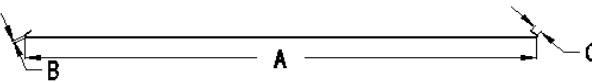
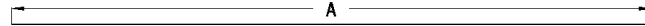
Tipe Balok		B1	B2	SL1	SL2
Dimensi	Panjang	300 mm	250 mm	300 mm	300 mm
	Lebar	600 mm	500 mm	700 mm	700 mm
Tul. Lentur tumpuan	Atas	7 D22	2 D19	6 D22	5 D22
	Bawah	4 D22	2 D19	6 D22	5 D22
Tul. Lentur lapangan	Atas	2 D22	2 D19	6 D22	5 D22
	Bawah	5 D22	2 D19	6 D22	5 D22
Tul. torsi				2 D16	2 D16
Tulangan geser	Tumpuan	D10 - 125	D10 - 200	D13 - 130	D13 - 100
	Lapangan	D10 - 200	D10 - 200	D13 - 150	D13 - 150

RESUME PERHITUNGAN TULANGAN PELAT

Tipe Pelat		S1	S2	S3	S4
Dimensi	Ly	4000 mm	4000 mm	4000 mm	2667 mm
	Lx	4000 mm	4000 mm	4000 mm	2667 mm
Tul. Lentur Arah X	Tumpuan	D13-200	Ø10-150	D13-200	D13-200
	Lapangan	D13-200	Ø10-150	D13-200	D13-200
Tul. Lentur Arah Y	Tumpuan	D13-200	Ø10-150	D13-200	D13-200
	Lapangan	D13-200	Ø10-150	D13-200	D13-200
Tul. Susut dan suhu	Arah X	Ø8-250	Ø8-250	Ø8-250	Ø8-250
	Arah Y	Ø8-250	Ø8-250	Ø8-250	Ø8-250


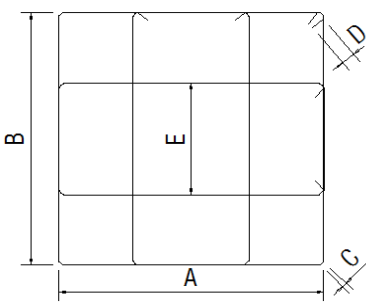
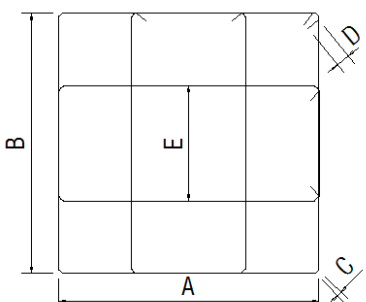
BAR BENDING SCHEDULE

TIPE BALOK : G1A
 DIMENSI : 40/70
 ϕ TUL. UTAMA : 22 mm
 ϕ TUL. SENGKANG : 13 mm
 ϕ TUL. TORSI : 13 mm
 BERAT JENIS BAJA : 7850 kg/m³
 Tinggi efektif (d) : 610 mm

NO	URAIAN BENTUK	DIAMETER	JUMLAH	DETIL URAIAN			TOTAL	TOTAL
				KODE	N	PANJANG	PANJANG	BERAT
		(mm)	(bh)		(bh)	(mm)	(m)	(kg)
1	Tulangan utama menerus D22	22	10	A	1	8000	80	238.72
								
	B			0	0			
	C			0	0			
	D			0	0			
2	Tulangan utama terpotong D22	22	14	A	1	2610	39.928	119.15
								
	B			1	110			
	C			1	132			
	D			0	0			
3	Tulangan utama terpotong D22	22	0	A	1	0	0	0.00
								
	B			2	0			
	C			2	0			
	D			0	0			
4	Tulangan torsi menerus D16	16	4	A	1	8000	32	50.51
								
	B			0	0			
	C			0	0			
	D			0	0			


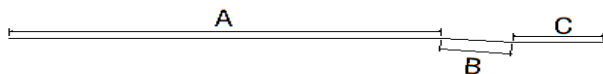
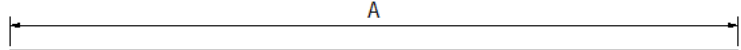
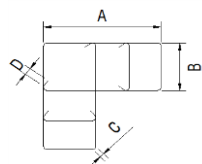
BAR BENDING SCHEDULE

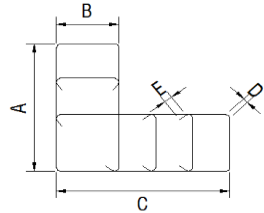
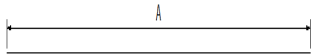
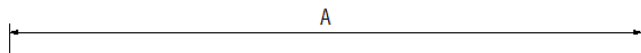
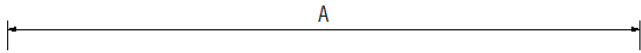
TIPE KOLOM : K2
 TINGGI : 3.3 m
 LEBAR : 0.8 m
 PANJANG : 0.8 m
 ϕ TUL. UTAMA : 25 mm
 ϕ TUL. SENGKANG : 13 mm
 BERAT JENIS BAJA : 7850 kg/m³
 PRESENTASE TUL : %

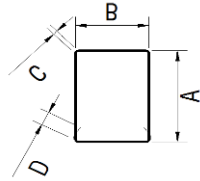
URAIAN BENTUK																	
			TULANGAN UTAMA					SENGKANG TUMPUAN					SENGKANG LAPANGAN				
DIAMETER		(mm)	25					13					0				
JUMLAH		(buah)	16					32					0				
DETIL UTAIAN	KODE		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
	N	(buah)	1	1	1	0	0	4	4	12	6	2	4	4	12	6	2
	PANJANG	(mm)	3175	125	1200			720	720	65	78	240	720	720	0	0	240
TOTAL PANJANG		(m)	4.5					7.488					6.24				
BERAT		(kg)	277.44					249.67					0.00				
BERAT TOTAL		(kg)						527.11									
BERAT PER M3		(kg/m3)						249.58									

BAR BENDING SCHEDULE

TIPE SHEARWALL : LT.1
 TINGGI TOTAL : 5 m
 BERAT JENIS BAJA : 7850 kg/m³

NO	URAIAN BENTUK	DIAMETER	JUMLAH	DETIL URAIAN			TOTAL	TOTAL
		KODE	N	PANJANG	PANJANG	BERAT		
		(mm)	(bh)		(bh)	(mm)	(m)	(kg)
1	Tulangan vertikal D19	19	72	A	1	4905	414.72	923.04
								
				B	1	95		
C	1	760						
D	0	0						
2	Tulangan vertikal D22	22	52	A	1	4890	305.76	912.40
								
				B	1	110		
C	1	880						
D	0	0						
3	Tulangan horizontal D13	13	204	A	1	1950	397.8	414.49
								
				B	0	0		
C	0	0						
D	0	0						
4	Tulangan sengkang pojok tipe 1 D10	10	68	A	4	540	274.04	168.96
								
				B	4	240		
C	11	50						
D	6	60						

NO	URAIAN BENTUK	DIAMETER	JUMLAH	DETIL URAIAN			TOTAL PANJANG	TOTAL BERAT
				KODE	N	PANJANG		
		(mm)	(bh)		(bh)	(mm)		
5	Tulangan sengkang pojok tipe 2 (sisi opening) D10	10	68	A	2	540	325.72	200.82
								
6	Tulangan vertikal opening D13	13	24	A	1	150	3.6	3.75
								
7	Tulangan horizontal opening D13	13	8	A	1	170	1.36	1.42
								
8	Tulangan horizontal opening D16	16	12	A	1	170	2.04	3.22
								

NO	URAIAN BENTUK	DIAMETER	JUMLAH	DETIL URAIAN			TOTAL PANJANG	TOTAL BERAT
				KODE	N	PANJANG		
		(mm)	(bh)		(bh)	(mm)		
9	Tulangan sengkang opening D10	10	12	A	2	300	11.592	7.15
								
	TOTAL DALAM 1 UNIT						1736.63	2635.24

212.6908478

KEBUTUHAN MATERIAL BALOK EKSISTING						
Uraian	Dimensi		Panjang Total (m)	Volume Beton (m3)	Berat Besi per m3 (kg/m3)	Berat besi total (kg)
	Lebar	Tinggi				
	(m)	(m)				
Lantai 1 elevasi +5.00						
Balok tipe G0	0.4	0.8	24	7.68	239.96	1842.89
Balok tipe G1A	0.4	0.7	319.2	89.376	233.81	20897.00
Balok tipe G2A	0.4	0.7	160	44.8	249.38	11172.22
Balok tipe G3A	0.35	0.5	52	9.1	169.73	1544.54
Balok tipe G4A	0.3	0.6	16	2.88	249.44	718.39
Balok tipe G5A	0.3	0.5	46.92	7.038	228.35	1607.13
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				160.87		37782.18
Lantai 2 elevasi +9.00						
Balok tipe G1A	0.4	0.7	312	87.36	233.81	20425.64
Balok tipe G2A	0.4	0.7	191.2	53.536	249.38	13350.81
Balok tipe G3A	0.35	0.5	48	8.4	169.73	1425.73
Balok tipe G4A	0.3	0.6	16	2.88	249.44	718.39
Balok tipe G5A	0.3	0.5	46.92	7.038	228.35	1607.13
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				159.21		37527.70
Lantai 3 elevasi +13.00						
Balok tipe G1A	0.4	0.7	312	87.36	233.81	20425.64
Balok tipe G2A	0.4	0.7	191.2	53.536	249.38	13350.81
Balok tipe G3A	0.35	0.5	48	8.4	169.73	1425.73
Balok tipe G4A	0.3	0.6	16	2.88	249.44	718.39
Balok tipe G5A	0.3	0.5	46.92	7.038	228.35	1607.13
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				159.21		37527.70
Lantai 4 elevasi +17.00						
Balok tipe G1B	0.4	0.7	312	87.36	216.59	18921.30
Balok tipe G2A	0.4	0.7	191.2	53.536	249.38	13350.81
Balok tipe G3A	0.35	0.5	48	8.4	169.73	1425.73
Balok tipe G4A	0.3	0.6	16	2.88	249.44	718.39
Balok tipe G5A	0.3	0.5	46.92	7.038	228.35	1607.13
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				159.21		36023.36
Lantai 5 elevasi +21.00						
Balok tipe G1B	0.4	0.7	312	87.36	216.59	18921.30
Balok tipe G2A	0.4	0.7	191.2	53.536	249.38	13350.81
Balok tipe G3A	0.35	0.5	48	8.4	169.73	1425.73
Balok tipe G4A	0.3	0.6	16	2.88	249.44	718.39
Balok tipe G5A	0.3	0.5	46.92	7.038	228.35	1607.13
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				159.21		36023.36
Lantai 6 elevasi +25.00						
Balok tipe G1B	0.4	0.7	312	87.36	216.59	18921.30
Balok tipe G2B	0.4	0.7	191.2	53.536	217.83	11661.75
Balok tipe G3B	0.35	0.5	48	8.4	169.73	1425.73
Balok tipe G4B	0.3	0.6	16	2.88	216.02	622.14

KEBUTUHAN MATERIAL BALOK EKSISTING						
Uraian	Dimensi		Panjang Total (m)	Volume Beton (m3)	Berat Besi per m3 (kg/m3)	Berat besi total (kg)
	Lebar	Tinggi				
	(m)	(m)				
Balok tipe G5B	0.3	0.5	46.92	7.038	206.45	1453.00
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				159.21		34083.91
Lantai 7 elevasi +29.00						
Balok tipe G1B	0.4	0.7	312	87.36	216.59	18921.30
Balok tipe G2B	0.35	0.7	191.2	46.844	217.83	10204.03
Balok tipe G3B	0.35	0.5	48	8.4	169.73	1425.73
Balok tipe G4B	0.3	0.6	16	2.88	216.02	622.14
Balok tipe G5B	0.3	0.5	46.92	7.038	206.45	1453.00
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				152.52		32626.20
Lantai atap elevasi +33.00						
Balok tipe G1C	0.4	0.7	312	87.36	189.44	16549.48
Balok tipe G2B	0.4	0.7	191.2	53.536	217.83	11661.75
Balok tipe G3B	0.35	0.5	48	8.4	169.73	1425.73
Balok tipe G4B	0.3	0.6	16	2.88	216.02	622.14
Balok tipe G5B	0.3	0.5	46.92	7.038	206.45	1453.00
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				159.21		31712.09
Lantai helipad elevasi +36.50						
Balok tipe G1C	0.4	0.7	231.2	64.736	189.44	12263.59
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				64.74		12263.59

KEBUTUHAN MATERIAL KOLOM EKSISTING						
Uraian	Dimensi		Panjang total	Volume Beton	Berat Besi per m3	Berat besi total
	Panjang	Lebar				
	(m)	(m)	(m)	(m3)	(kg/m3)	(kg)
Lantai dasar elevasi +0.00						
K1	0.9	0.9	220	178.2	263.66	46984.21
K4	0.6	0.6	30	10.8	344.96	3725.57
K8	0.7	0.7	60	29.4	260.96	7672.22
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				218.40		58382.00
Lantai 1 elevasi +5.00						
K1	0.9	0.9	176	142.56	263.66	37587.37
K4	0.6	0.6	24	8.64	344.96	2980.45
K8	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				174.72		46705.60
Lantai 2 elevasi +9.00						
K2	0.8	0.8	176	112.64	249.63	28118.32
K4	0.6	0.6	24	8.64	344.96	2980.45
K8	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				144.80		37236.56
Lantai 3 elevasi +13.00						
K2	0.8	0.8	176	112.64	249.63	28118.32
K4	0.6	0.6	24	8.64	344.96	2980.45
K8	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				144.80		37236.56
Lantai 4 elevasi +17.00						
K3	0.7	0.7	176	86.24	239.63	20665.69
K4	0.6	0.6	24	8.64	344.96	2980.45
K8	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				118.40		29783.92
Lantai 5 elevasi +21.00						
K3	0.7	0.7	176	86.24	239.63	20665.69
K4	0.6	0.6	24	8.64	344.96	2980.45
K8	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				118.40		29783.92
Lantai 6 elevasi +25.00						
K4A	0.6	0.6	200	72	248.62	17900.64
K8	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				95.52		24038.42
Lantai 7 elevasi +29.00						
K4	0.6	0.6	200	72	248.62	17900.64
K8	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				95.52		24038.42
Lantai atap elevasi +33.00						
K4	0.6	0.6	70	25.2	248.62	6265.22
K8	0.7	0.7	21	10.29	260.96	2685.28
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				35.49		8950.50

KEBUTUHAN MATERIAL KOLOM NEW						
Uraian	Dimensi		Panjang total	Volume Beton	Berat Besi per m3	Berat besi total
	Panjang	Lebar				
	(m)	(m)	(m)	(m3)	(kg/m3)	(kg)
Lantai dasar elevasi +0.00						
K1	0.9	0.9	220	178.2	263.66	46984.21
K4	0.6	0.6	30	10.8	344.96	3725.57
K5	0.7	0.7	60	29.4	260.96	7672.22
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				218.40		58382.00
Lantai 1 elevasi +5.00						
K1	0.9	0.9	176	142.56	263.66	37587.37
K4	0.6	0.6	24	8.64	344.96	2980.45
K5	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				174.72		46705.60
Lantai 2 elevasi +9.00						
K2	0.8	0.8	176	112.64	249.63	28118.32
K4	0.6	0.6	24	8.64	344.96	2980.45
K5	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				144.80		37236.56
Lantai 3 elevasi +13.00						
K2	0.8	0.8	176	112.64	249.63	28118.32
K4	0.6	0.6	24	8.64	344.96	2980.45
K5	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				144.80		37236.56
Lantai 4 elevasi +17.00						
K3	0.7	0.7	176	86.24	239.63	20665.69
K4	0.6	0.6	24	8.64	344.96	2980.45
K5	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				118.40		29783.92
Lantai 5 elevasi +21.00						
K3	0.7	0.7	176	86.24	239.63	20665.69
K4	0.6	0.6	24	8.64	344.96	2980.45
K5	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				118.40		29783.92
Lantai 6 elevasi +25.00						
K4A	0.6	0.6	200	72	248.62	17900.64
K5	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				95.52		24038.42
Lantai 7 elevasi +29.00						
K4	0.6	0.6	200	72	248.62	17900.64
K5	0.7	0.7	48	23.52	260.96	6137.78
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				95.52		24038.42
Lantai atap elevasi +33.00						
K4	0.6	0.6	70	25.2	248.62	6265.22
K5	0.7	0.7	21	10.29	260.96	2685.28
TOTAL KEBUTUHAN DALAM 1 LANTAI				35.49		8950.50

Acian Plester dan Beton

Kegunaan

Adukan semen instan untuk pekerjaan acian pada permukaan plesteran

Standar Acuan Produk

- DIN 18550

Dasar Permukaan

- Permukaan plesteran (MU-100 atau MU-301)
- * Tidak disarankan untuk digunakan sebagai bahan acian pada permukaan lantai*

Keunggulan

- Dapat diaplikasi pada bagian interior & eksterior bangunan
- Lengket & plastis saat diaplikasi
- Adukan tidak cepat mengering saat diaplikasi
- Dapat mencegah terjadinya retak rambut pada dinding akibat penyusutan.
- Tidak memerlukan plamuur sebagai dasar pengecatan
- Tidak menyerap bahan cat, sehingga menghemat penggunaan bahan cat
- Hasil akhirnya lebih rapi & dapat menghemat biaya pemeliharaan bangunan

Cara Pemakaian

- Alat Kerja : Roskam baja, jidar panjang dari baja atau aluminium
- Persiapan :
 1. Siapkan tempat kerja & permukaan yang hendak diaci.
 2. Bersihkan dasar permukaan yang akan diaci dari serpihan, kotoran & minyak yang dapat mengurangi daya rekat adukan
 3. Jika terlalu kering, basahi dasar permukaan yang akan diaci dengan air
- Pengadukan :
 1. Tuang air kedalam bak adukan sebanyak 14,0 - 14,5 liter untuk tiap kantong MU-250 (40 kg)
 2. Masukkan adukan kering MU-250 kedalam bak adukan
 3. Aduk campuran di atas hingga rata.
- Aplikasi :
 1. Pengacian dilakukan secara manual sebagaimana umumnya yang kemudian diratakan dengan jidar panjang.
 2. Tebal acian yang di anjurkan adalah 2 - 3 mm, tergantung kerataan dasar permukaannya.

Data Teknik

- Warna : Abu-abu putih
- Perekat : Semen Portland
- Bahan pengisi (filler) :
Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.

- Bahan tambah (additive) :
Bahan larut air guna meningkatkan kelecakan (konsistensi), daya rekat, daya menahan air & kekuatan.
- Kepadatan (density) :
 - Kering = 1,2 kg/liter
 - Basah = 1,8 kg/liter
- Tebal aplikasi : 1.5 - 3 mm, tergantung kerataan dasar permukaannya
- Batas waktu masih plastis : 2 jam setelah pengadukan
- Kebutuhan air : 14,0 - 14,5 liter / sak 40 kg
- Compressive strength
 - ASTM C109 : > 5 N/mm²
- Water retention
 - BS 4551 : 1980 : > 95 %
- Drying shrinkage : > 0.1 %

Daya sebar (coverage)

14 - 19 m² / sak 40 kg / 1.5 - 2 mm. Variasi tergantung bentuk dan kerataan permukaan.

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.

Perekat Bata Ringan

Dekripsi

MU-380M adalah bahan perekat tipis instan (thin joint mortar) yang diformulasikan khusus dari Portland semen, pasir silika pilihan, polymer dan bahan aditif khusus, seperti anti shrinkage dan plasticiser yang menghasilkan adukan yang plastis tapi mudah terapkan pada kandungan air yang kecil. Adukan tsb memungkinkan perekat yang tipis ALC +/- 3 mm dapat dicapai dengan daya rekat (adhesion strength) yang dapat melebihi kekuatan tarik (tensile strength) dari ALC blocknya.

Standar Acuan Produk

- DIN 18550
- DIN 18555
- BS 4551 : 1980
- BS 6319 : 1998

Keunggulan

- Praktis, hanya memerlukan penambahan air.
- Thixotropic dan daya rekat (adhesion strength) tinggi pada ketebalan 3 mm
- Adukan tidak cepat kering (tetap workable)
- Dapat digunakan untuk internal atau external.
- Ekonomis dan sangat cepat dikerjakan
- Tidak menyusut

Cara pemakaian

Persiapan :

Semua permukaan yang akan diaplikasikan harus bersih dari debu, minyak, oli atau kotoran lain untuk memastikan daya rekat yang sempurna.

Mixing :

Tuangkan air 10 - 10,5 liter ke dalam wadah untuk mixing yang sesuai. Tambahkan sedikit demi sedikit MU-380M ke dalam air sambil diaduk perlahan-lahan dengan menggunakan drill mixer listrik yang dilengkapi dengan pengaduk spiral yang sesuai. Pengadukan dilanjutkan sampai 2 menit setelah semua MU-380M telah dimasukkan ke dalam wadah sampai diperoleh adukan yang merata. Pengadukan cara manual dimungkinkan dengan memperhatikan kerataan adukannya.

Aplikasi :

Aplikasikan adukan MU-380M pada permukaan ALC yang dipasangkan dengan menggunakan trowel bergigi. Kemudian rapatkan ALC block dengan block yang lain yang telah terpasang. Gunakan palu karet untuk meratakan permukaan ALC block agar diperoleh susunan yang teratur dan rapi.

Data Teknik

- Bentuk : Powder
- Warna : Abu-abu muda
- Density : Kering = 1,6 kg/liter
Basah = 1,85 kg/liter
- Kebutuhan air : 10 - 10.5 liter /sak 40 kg

- Compressive Strength

ASTM C 109 > 10 N/mm² @ 28 hari

- Water Retentivity

BS 4551 : 1980 > 95 %

- Flexural Strength

BS 4551 : 1980 > 5 N/m² @ 28 hari

- Pull off Adhesive Strength

BS 4551 : 1980 > 0.8 N/m²
@ 28 hari

Coverage (Daya seba)

40 kg MU-380M menghasilkan ± 27 liter adukan thin joint mortar, dengan coverage :

- Beton ringan ukuran 10 cm :
± 12 - 18 m² / sak 40 kg / 2-3 mm
- Beton ringan ukuran 7,5 cm :
± 16 - 24 m² / sak 40 kg / 3 mm

Variasi coverage bergantung pada kerataan permukaan dan ketebalan aplikasinya.

Kemasan

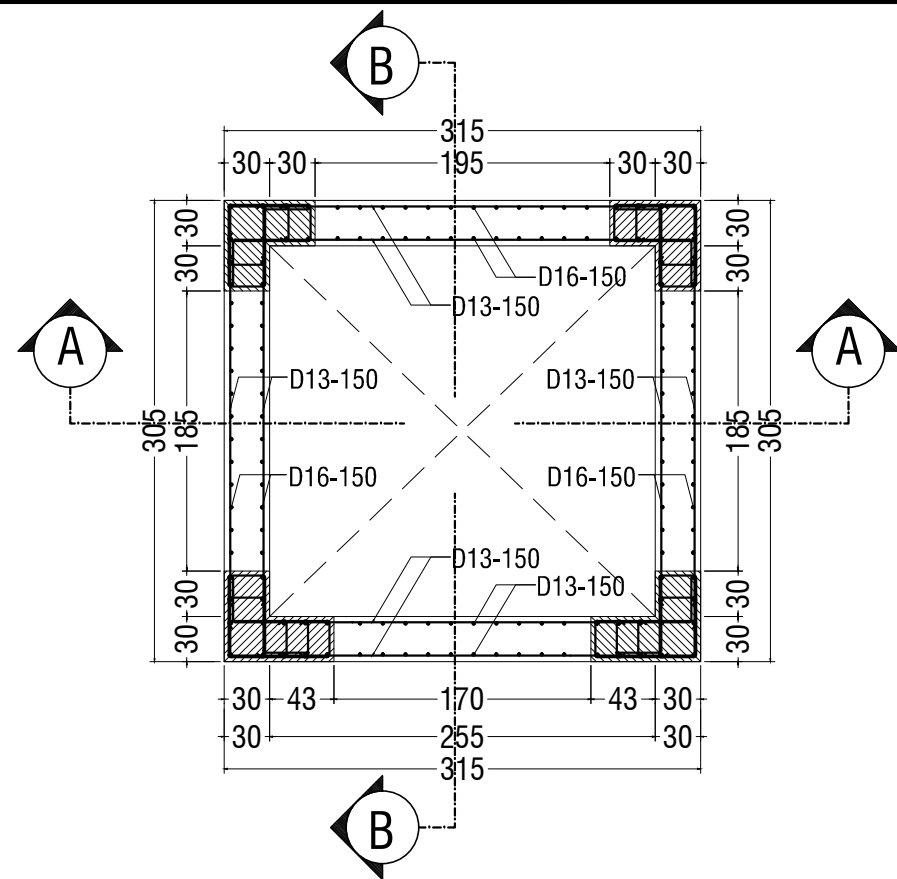
Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

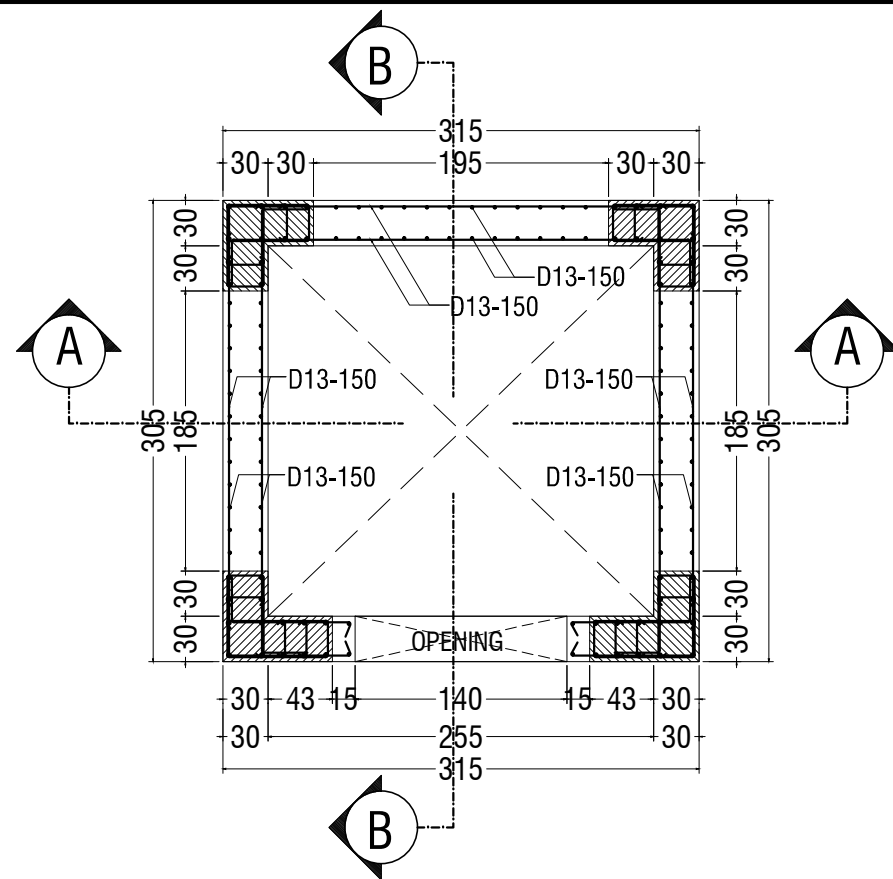
Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.



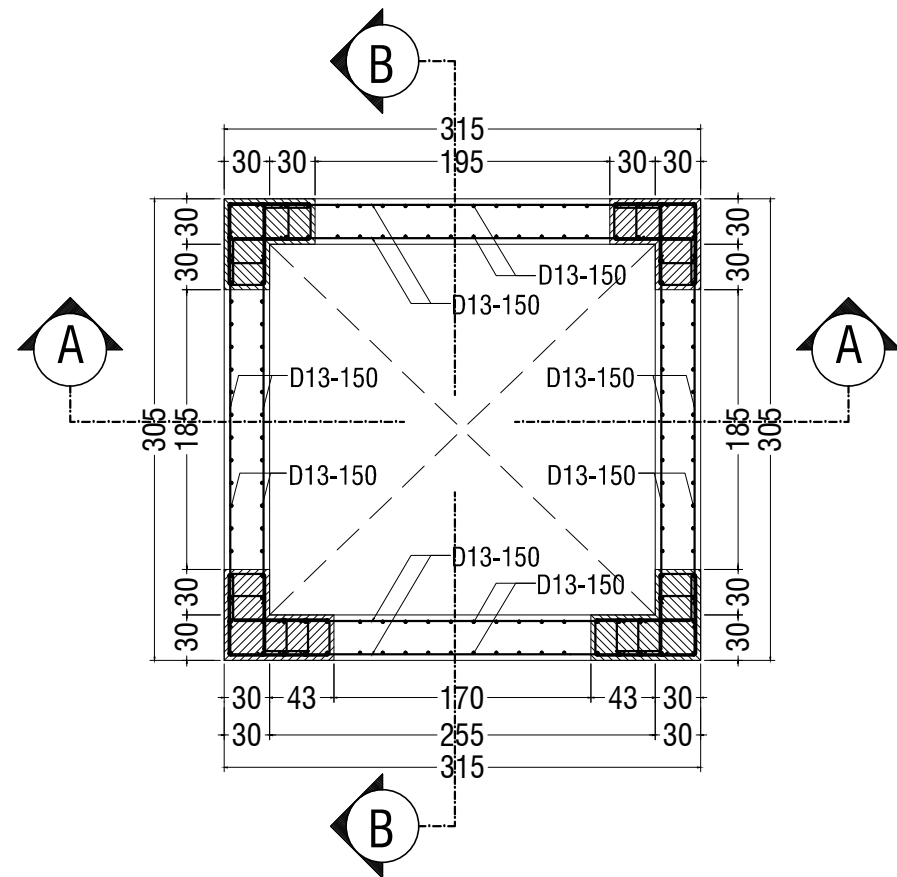
POTONGAN V -V LT.2 S/D LT.5
(TYPICAL PL.2 DAN PL.3)

SKALA 1 : 50



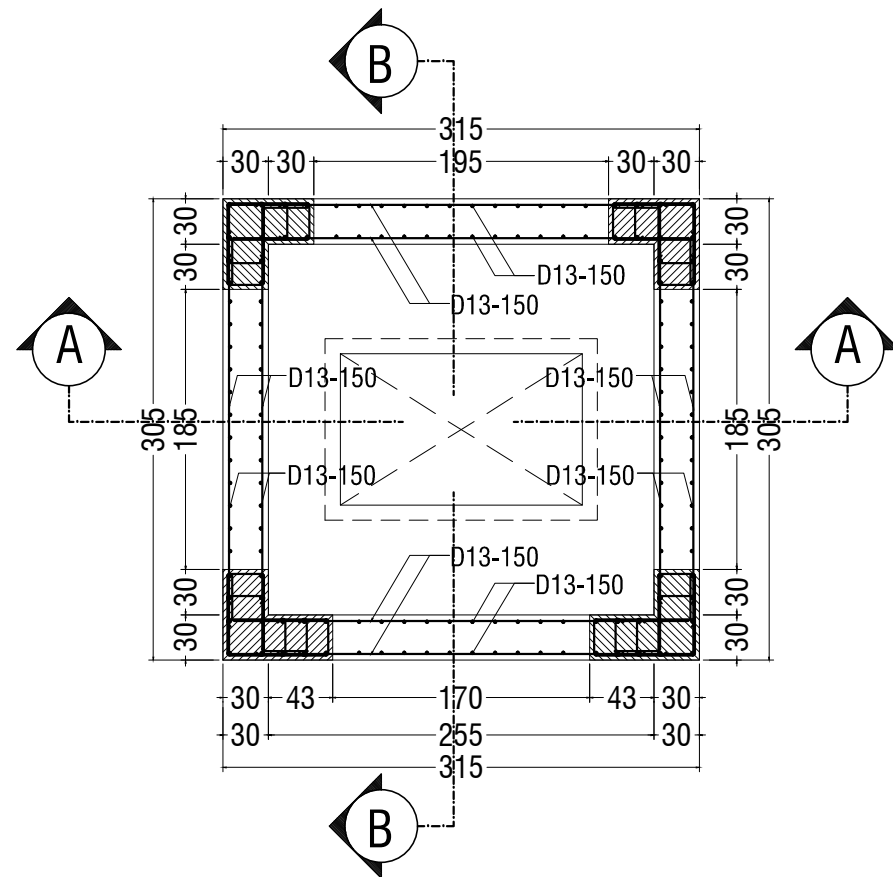
POTONGAN VI -VI LT.6 S/D LT.ATAP
(TYPICAL PL.2 DAN PL.3)

SKALA 1 : 50



POTONGAN VII -VII LT.6 S/D LT.ATAP
(TYPICAL PL.2 DAN PL.3)

SKALA 1 : 50



POTONGAN VIII -VIII (TYPICAL PL.2 DAN PL.3)

SKALA 1 : 50



KEPOLISIAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA
DAERAH JAWA TENGAH

PROYEK

PEMBANGUNAN GEDUNG
MARKAS KEPOLISIAN DAERAH
JAWA TENGAH

PEKERJAAN

STRUKTUR GEDUNG 7 LANTAI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN

Drs. EDI SUROSO, MH.
AKBP NRP. 62060977

KUASA PENGGUNA ANGGARAN
KEPALA BIRO SARANA DAN PRASARANA

Drs. RISE SUNTARDJO
KOMBES POL NRP. 59090985

DISAHKAN

KEPALA KEPOLISIAN DAERAH JAWA TENGAH

Drs. NUR ALI
INSPEKTUR JENDERAL POLISI

KONSULTAN PERENCANA



PT. MEDISAIN DADI SEMPURNA
JL. TUMPANG RAYA NO. 50 SEMARANG 50233
PHONE / FAX : 024 - 8500237
EMAIL : medisain.konsultan@gmail.com

Ir. LIES HERAWATI, IAI
DIREKTUR UTAMA

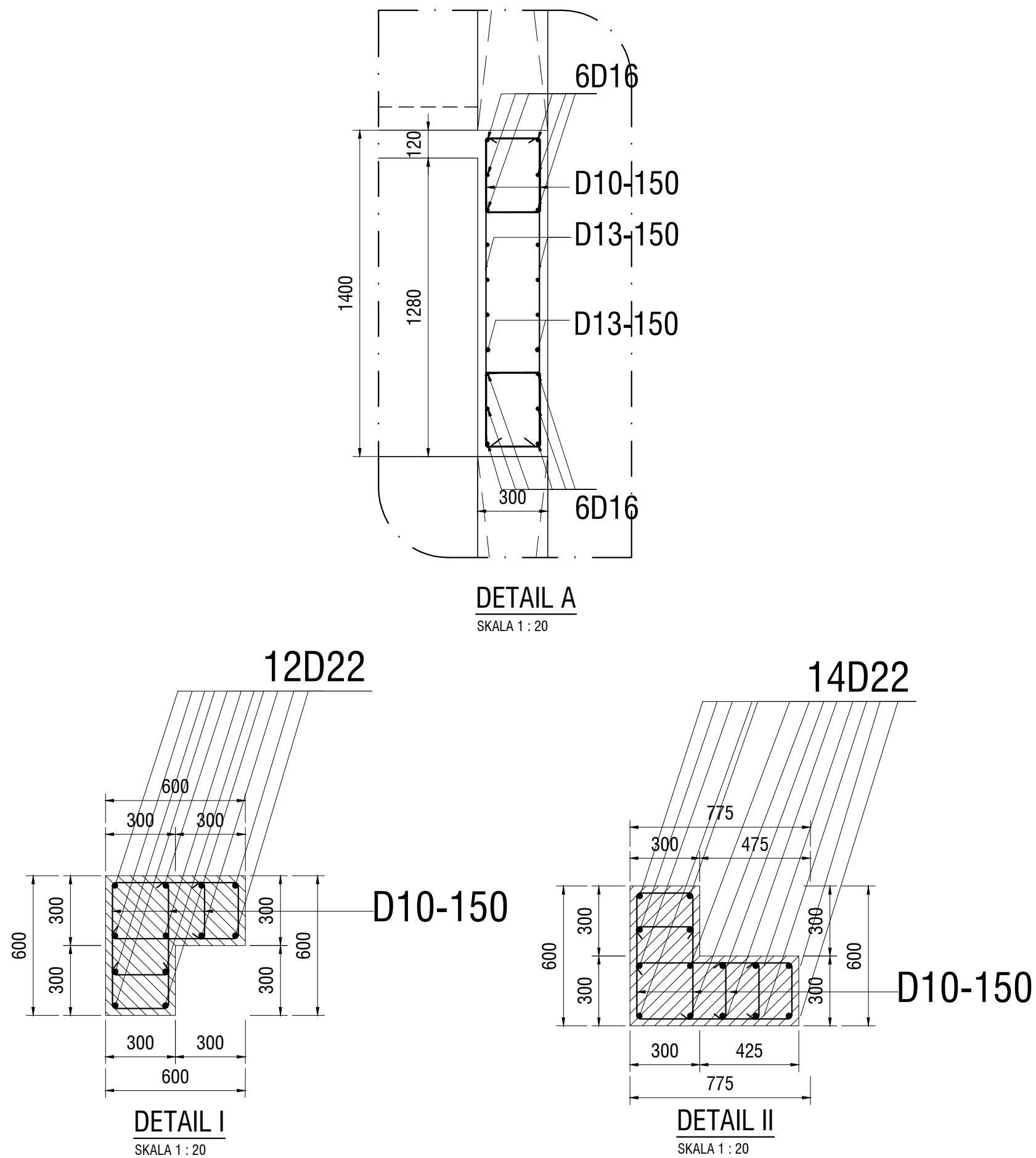
KETERANGAN



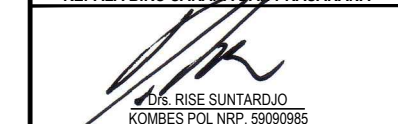
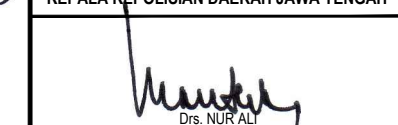


- DATA MUTU BAHAN :
- 1). KOLOM, COREWALL, TANGGA,
K-300, $f_c = 25$ Mpa
 - 2). BALOK, DAN PLAT Lt. DASAR, Lt.01
S/D Lt.ATAP, HELIPAD K-300, $f_c = 25$ Mpa
 - 3). MUTU BAJA TULANGAN :
 $f_y = 400$ Mpa ($d > 10$ mm)
 $f_y = 240$ Mpa ($d \leq 10$ mm)

SUB PEKERJAAN

STRUKTUR

GAMBAR	SKALA
POTONGAN V-V	1 : 50
POTONGAN VI-VI	1 : 50
POTONGAN VII-VII	1 : 50
POTONGAN VIII-VIII	1 : 50
KODE	HALAMAN
S.02	12



 <p>KEPOLISIAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA DAERAH JAWA TENGAH</p>	
PROYEK	
PEMBANGUNAN GEDUNG MARKAS KEPOLISIAN DAERAH JAWA TENGAH	
PEKERJAAN	
STRUKTUR GEDUNG 7 LANTAI	
PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN	
 <p>Drs. EDI SUROSO, MH. AKBP NRP. 62060977</p>	
KUASA PENGGUNA ANGGARAN KEPALA BIRO SARANA DAN PRASARANA	
 <p>Drs. RISE SUNTARDJO KOMBES POL NRP. 59090985</p>	
DISAHKAN	
KEPALA KEPOLISIAN DAERAH JAWA TENGAH	
 <p>Drs. NUR ALI INSPEKTUR JENDERAL POLISI</p>	
KONSULTAN PERENCANA	
 <p>PT. MEDISAIN DADI SEMPURNA JL. TUMPANG RAYA NO. 50 SEMARANG 50233 PHONE / FAX : 024 - 8500237 EMAIL : medisain.konsultan@gmail.com</p>	
 <p>Ir. LIES HERAWATI, IAI DIREKTUR UTAMA</p>	
KETERANGAN	
DATA MUTU BAHAN : 1). KOLOM, COREWALL, TANGGA, K-300, $f_c' = 25$ Mpa 2). BALOK, DAN PLAT Lt. DASAR, Lt.01 S/D Lt.ATAP,HELIPAD K-300, $f_c' = 25$ Mpa 3). MUTU BAJA TULANGAN : $f_y = 400$ Mpa ($d > 10$ mm) $f_y = 240$ Mpa ($d \leq 10$ mm)	
SUB PEKERJAAN	
STRUKTUR	
GAMBAR	SKALA
DETAIL I	1 : 20
DETAIL II	1 : 20
DETAIL A	1 : 20
KODE	HALAMAN
S.02	17

TYPE BALOK	G.0		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	400 X 800	
	TULANGAN ATAS	10 D22	4 D22
	TULANGAN BAWAH	5 D22	9 D22
SENGKANG	2D10-100	D10-150	2D10-100

TYPE BALOK	G.1a		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	400 X 700	
	TULANGAN ATAS	10 D22	4 D22
	TULANGAN BAWAH	5 D22	8 D22
SENGKANG	2D10-100	D10-150	2D10-100

TYPE BALOK	G.1b		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	400 X 700	
	TULANGAN ATAS	9 D22	4 D22
	TULANGAN BAWAH	4 D22	7 D22
SENGKANG	2D10-100	D10-150	2D10-100

TYPE BALOK	G.1c		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	400 X 700	
	TULANGAN ATAS	8 D22	4 D22
	TULANGAN BAWAH	4 D22	6 D22
SENGKANG	2D10-100	D10-150	2D10-100

TYPE BALOK	G.2a		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	350 X 700	
	TULANGAN ATAS	9 D22	4 D22
	TULANGAN BAWAH	4 D22	7 D22
SENGKANG	2D10-100	D10-150	2D10-100

TYPE BALOK	G.2b		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	350 X 700	
	TULANGAN ATAS	8 D22	4 D22
	TULANGAN BAWAH	4 D22	6 D22
SENGKANG	2D10-100	D10-150	2D10-100

TYPE BALOK	G.2c		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	350 X 700	
	TULANGAN ATAS	7 D22	4 D22
	TULANGAN BAWAH	4 D22	5 D22
SENGKANG	2D10-100	D10-150	2D10-100

TYPE BALOK	G.3a		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	350 X 500	
	TULANGAN ATAS	7 D22	4 D22
	TULANGAN BAWAH	4 D22	5 D22
SENGKANG	2D10-100	D10-150	2D10-100

TYPE BALOK	G.3b		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	350 X 500	
	TULANGAN ATAS	6 D22	4 D22
	TULANGAN BAWAH	4 D22	4 D22
SENGKANG	2D10-100	D10-150	2D10-100

TYPE BALOK	G.4a		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	300 X 600	
	TULANGAN ATAS	6 D22	3 D22
	TULANGAN BAWAH	3 D22	5 D22
SENGKANG	D10-75	D10-150	D10-75

TYPE BALOK	G.4b		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	300 X 600	
	TULANGAN ATAS	5 D22	3 D22
	TULANGAN BAWAH	3 D22	4 D22
SENGKANG	D10-75	D10-150	D10-75

TYPE BALOK	G.5a		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	300 X 500	
	TULANGAN ATAS	6 D22	3 D22
	TULANGAN BAWAH	3 D22	5 D22
SENGKANG	D10-75	D10-150	D10-75

TYPE BALOK	G.5b		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	300 X 500	
	TULANGAN ATAS	5 D22	3 D22
	TULANGAN BAWAH	3 D22	4 D22
SENGKANG	D10-75	D10-150	D10-75

TYPE BALOK	G.6		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	300 X 400	
	TULANGAN ATAS	4 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	2 D22	3 D22
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100

DETAIL BALOK

SKALA N T S

KEPOLISIAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA
DAERAH JAWA TENGAH

PROYEK

PEMBANGUNAN GEDUNG
MARKAS KEPOLISIAN DAERAH
JAWA TENGAH

PEKERJAAN

STRUKTUR GEDUNG 7 LANTAI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN

Drs. EDI SUROSO, MH.
AKBP NRP. 62060977

KUASA PENGGUNA ANGGARAN
KEPALA BIRO SARANA DAN PRASARANA

Drs. RISE SUNTARDJO
KOMBES POL NRP. 59090985

DISAHKAN

KEPALA KEPOLISIAN DAERAH JAWA TENGAH

Drs. NUR ALI
INSPEKTUR JENDERAL POLISI

KONSULTAN PERENCANA

PT. MEDISAIN DADI SEMPURNA
JL. TUMPANG RAYA NO. 50 SEMARANG 50233
PHONE / FAX : 024 - 8500237
EMAIL : medisain.konsultan@gmail.com

Ir. LIES HERAWATI, IAI
DIREKTUR UTAMA

KETERANGAN

DATA MUTU BAHAN :

- 1). KOLOM, COREWALL, TANGGA,
K=300, $f_c' = 24.9$ Mpa
- 2). BALOK, DAN PLAT Lt. DASAR, Lt.01
S/D Lt.ATAP,HELIPAD K=300, $f_c' = 24.9$ Mpa
- 3). MUTU BAJA TULANGAN :
 $f_y = 400$ Mpa (ULIR, $d > 10$ mm),
 $f_y = 240$ Mpa (POLOS, $d \leq 10$ mm)

SUB PEKERJAAN

STRUKTUR

GAMBAR

SKALA

DETAIL BALOK

N T S

KODE

HALAMAN

S.03

10



KEPOLISIAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA
DAERAH JAWA TENGAH

PROYEK

PEMBANGUNAN GEDUNG
MARKAS KEPOLISIAN DAERAH
JAWA TENGAH

PEKERJAAN

STRUKTUR GEDUNG 7 LANTAI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN

Drs. EDI SUROSO, MH.
AKBP NRP. 62060977

KUASA PENGGUNA ANGGARAN
KEPALA BIRO SARANA DAN PRASARANA

Drs. RISE SUNTARDJO
KOMBES POL NRP. 59090985

DISAHKAN

KEPALA KEPOLISIAN DAERAH JAWA TENGAH

Drs. NUR ALI
INSPEKTUR JENDERAL POLISI

KONSULTAN PERENCANA

MEDI Sain
PT. MEDISAIN DADI SEMPURNA

JL. TUMPANG RAYA NO. 50 SEMARANG 50233
PHONE / FAX : 024 - 8500237
EMAIL : medisain.konsultan@gmail.com

Ir. LIES HERAWATI, IAI
DIREKTUR UTAMA

KETERANGAN

DATA MUTU BAHAN :

- 1). KOLOM, COREWALL, TANGGA,
K-300, $f_c' = 24.9$ Mpa
- 2). BALOK, DAN PLAT Lt. DASAR, Lt.01
S/D Lt.ATAP,HELIPAD K-300, $f_c' = 24.9$ Mpa
- 3). MUTU BAJA TULANGAN :
 $f_y = 400$ Mpa (ULIR, $d > 10$ mm),
 $f_y = 240$ Mpa (POLOS, $d \leq 10$ mm)

SUB PEKERJAAN

STRUKTUR

GAMBAR

SKALA

DETAIL BALOK

N T S

KODE

HALAMAN

S.03

11

TYPE BALOK	B.1a		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	250 X 600	
	TULANGAN ATAS	6 D19	6 D19
	TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19
SENGKANG	D10-75	D10-150	D10-75

TYPE BALOK	B.1b		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	250 X 600	
	TULANGAN ATAS	8 D19	8 D19
	TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19
SENGKANG	1.5D10-75	D10-150	1.5D10-75

TYPE BALOK	B.2		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	250 X 500	
	TULANGAN ATAS	5 D19	5 D19
	TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19
SENGKANG	D10-75	D10-150	D10-75

TYPE BALOK	B.3		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	250 X 400	
	TULANGAN ATAS	4 D19	4 D19
	TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19
SENGKANG	D10-75	D10-150	D10-75

TYPE BALOK	B.4		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	200 X 400	
	TULANGAN ATAS	4 D16	4 D16
	TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100

TYPE BALOK	B.5		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	200 X 300	
	TULANGAN ATAS	3 D16	3 D16
	TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100

TYPE BALOK	B.6		
	TUMP	LAP	TUMP
POTONGAN			
	UKURAN BALOK	150 X 300	
	TULANGAN ATAS	3 D16	3 D16
	TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100

DETAIL BALOK

SKALA N T S

POTONGAN	K.1	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	90 x 90
TUL. POKOK		28 D22
TUL. SENGKANG A		D10 - 100
TUL. SENGKANG B		D10 - 100
POTONGAN	K.2a	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	80 x 80
TUL. POKOK		24 D22
TUL. SENGKANG A		D10 - 100
TUL. SENGKANG B		D10 - 100
POTONGAN	K.2b	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	80 x 80
TUL. POKOK		20 D22
TUL. SENGKANG A		D10 - 100
TUL. SENGKANG B		D10 - 100
POTONGAN	K.3a	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	70 x 70
TUL. POKOK		20 D22
TUL. SENGKANG A		D10 - 100
TUL. SENGKANG B		D10 - 100
POTONGAN	K.3b	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	70 x 70
TUL. POKOK		16 D22
TUL. SENGKANG A		D10 - 100
TUL. SENGKANG B		D10 - 100
POTONGAN	K.4a	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	60 x 60
TUL. POKOK		16 D22
TUL. SENGKANG A		D10 - 100
TUL. SENGKANG B		D10 - 100
POTONGAN	K.4b	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	60 x 60
TUL. POKOK		12 D22
TUL. SENGKANG A		D10 - 100
TUL. SENGKANG B		D10 - 100
POTONGAN	K.5a	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	40 x 60
TUL. POKOK		10 D22
TUL. SENGKANG A		D10 - 100
TUL. SENGKANG B		D10 - 100
POTONGAN	K.5b	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	40 x 60
TUL. POKOK		8 D22
TUL. SENGKANG A		D10 - 100
TUL. SENGKANG B		D10 - 100
POTONGAN	K.6	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	30 x 30
TUL. POKOK		8 D19
TUL. SENGKANG A		D10 - 100
TUL. SENGKANG B		-
POTONGAN	K.7	
	TUMPUAN	LAPANGAN
	DIMENSI (CM)	25 x 30
TUL. POKOK		6 D19
TUL. SENGKANG A		D8 - 100
TUL. SENGKANG B		-

DETAIL KOLOM

SKALA 1 : 50

TYPE SENGKANG		SK-A	SK-B
T1			-
T2			
T3			
T4			
T5			
T6			
T7			

Lantai Atap Lift/Helipad

elv +31.50 m

Lantai Atap
elv + 28.00 m

Lantai 7
elv +24.00 m

Lantai 6
elv +20.00 m

Lantai 5
elv +16.00 m

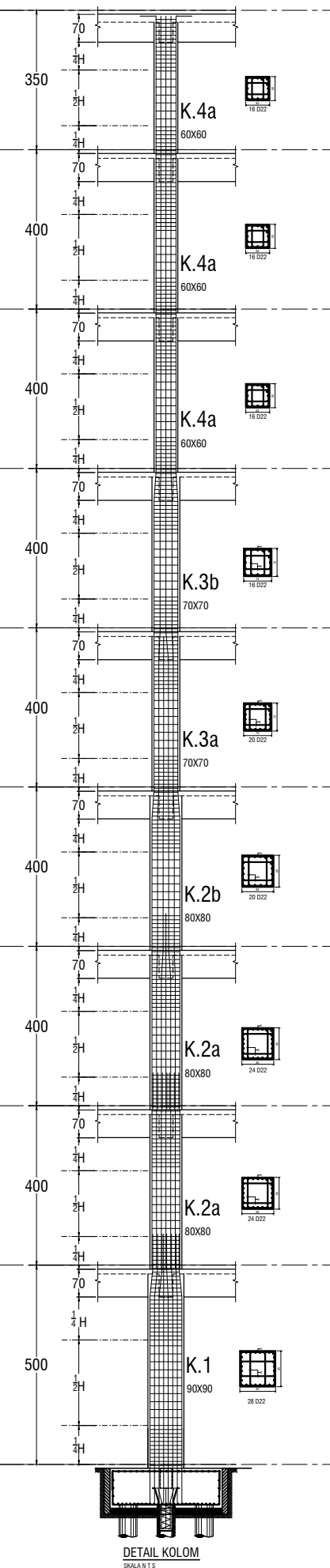
Lantai 4
elv +12.00 m

Lantai 3
elv + 8.00 m

Lantai 2
elv + 4.00 m

Lantai 1
elv ±0.00

Lantai Dasar
elv -5.00 m



DETAIL KOLOM
SKALA 1:50



KEPOLISIAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA
DAERAH JAWA TENGAH

PROYEK

PEMBANGUNAN GEDUNG
MARKAS KEPOLISIAN DAERAH
JAWA TENGAH

PEKERJAAN

STRUKTUR GEDUNG 7 LANTAI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN

Drs. EDI SUROSO, MH.
AKBP NRP. 62060977

KUASA PENGGUNA ANGGARAN
KEPALA BIRO SARANA DAN PRASARANA

Drs. RISE SUNTARDJO
KOMBES POL NRP. 59090985

DISAHKAN

KEPALA KEPOLISIAN DAERAH JAWA TENGAH

Drs. NUR ALI
INSPEKTUR JENDERAL POLISI

KONSULTAN PERENCANA

MEDI Sain
PT. MEDISAIN DADI SEMPURNA
JL. TUMPANG RAYA NO. 50 SEMARANG 50233
PHONE / FAX : 024 - 8500237
EMAIL : medisain.konsultan@gmail.com

Ir. LIES HERAWATI, IAI
DIREKTUR UTAMA

KETERANGAN

DATA MUTU BAHAN :

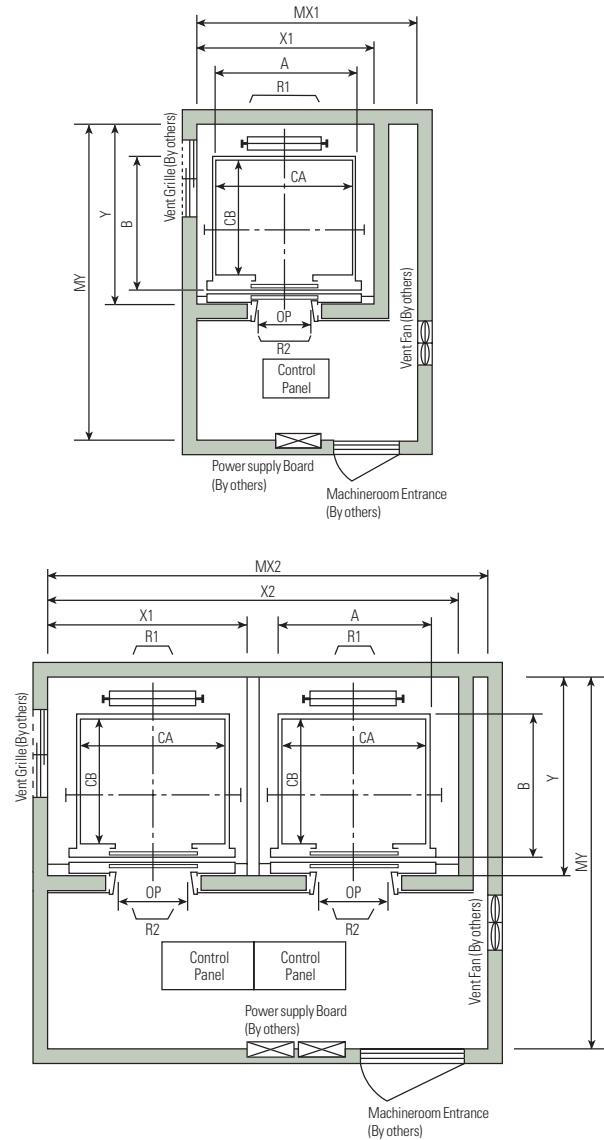
- 1). KOLOM, COREWALL, TANGGA,
K-300, $f_c' = 24.9$ Mpa
- 2). BALOK, DAN PLAT Lt. DASAR, Lt.01
S/D Lt.ATAP,HELIPAD K-300, $f_c' = 24.9$ Mpa
- 3). MUTU BAJA TULANGAN :
 $f_y = 400$ Mpa ($d > 10$ mm),
 $f_y = 240$ Mpa ($d \leq 10$ mm)

SUB PEKERJAAN

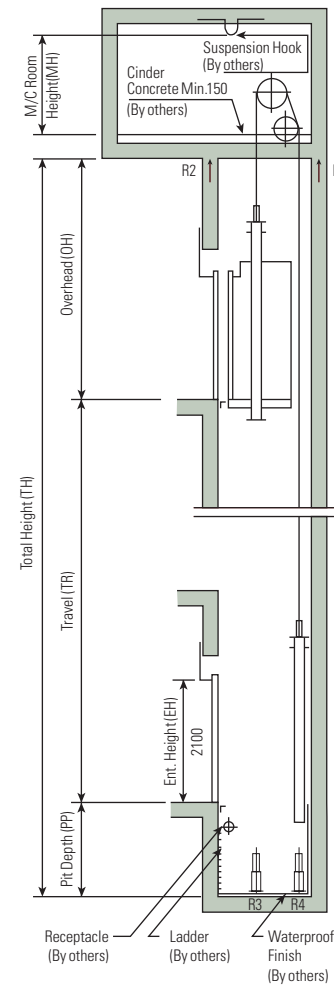
STRUKTUR

GAMBAR	SKALA
DETAIL KOLOM POTONGAN D-D	1 : 50 N T S
KODE	HALAMAN
S.02	10

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Overhead & Pit Depth

Load (kg)	450 ~ 1000		1150 ~ 1600		M/C Room Height (MH)
Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	
1.0	4200	1300	4200	1400	2200
1.5	4400	1400	4400	1500	2400
1.75	4500	1500	4500	1600	
2.0	4700	1900	4700	2000	2600
2.5	5000	2200	5000	2200	

(Unit : mm)

Notes :

1. Above dimensions are applied for car height of 2500mm, for other applicable dimensions, contact us.
2. In case of requested double isolation pad, machine room height should be increased 200mm.
3. Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

Standard Dimensions & Reactions

Manufacturer Standard

nit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	R1	R2	R3	R4
				OP												
1.0	6	450	2 Panel Center Open	800	1400 x 850	1460 x 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200	3600	2000	5400	4500
	8	550		800	1400 x 1030	1460 x 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900
	9	600		800	1400 x 1130	1460 x 1285	1800	3700	1750	2000	4000	3500	4100	2450	6300	5100
	10	700		800	1400 x 1250	1460 x 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400
	11	750		800	1400 x 1350	1460 x 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	7100	5600
1.5	13	900		900	1600 x 1350	1660 x 1505	2050	4200	1950	2300	4400	3750	5100	3750	8100	6300
	15	1000		900	1600 x 1500	1660 x 1655	2050	4200	2100	2300	4400	3850	5450	4300	8600	6600
	1.75	17		1150	1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2350	4800	2200	2600	4900	3900	6600	5100	11000
1100					2000 x 1350	2100 x 1520	2550	5200	2050	2800	5250	3800				
20		1350		1000	1800 x 1700	1900 x 1870	2350	4800	2400	2600	4900	4200	7800	6000	12200	9500
2.0	24	1600		1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000	8500	6800	13600	10400
					2150 x 1600	2250 x 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200				
	13	900		900	1600 x 1350	1700 x 1520	2250	4600	2100	2550	4600	4250	12030	6650	9000	7500
2.5	15	1000		900	1600 x 1500	1700 x 1670	2250	4600	2250	2550	4600	4250	12800	6950	9400	8000
	17	1150		1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700
			1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650					
	20	1350	1000	1800 x 1700	1900 x 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7650	12200	9500	
			1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650					
	24	1600	1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400	
		2150 x 1600		2250 x 1770	2800	5700	2350	3100	5700	4800						

EN81 Standard

nit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	R1	R2	R3	R4
				OP												
1.0	6	450	2 Panel Center Open	700	1100 x 1100	1160 x 1250	1550	3200	1700	1800	3500	3450	3600	2000	5400	4500
				800	1400 x 850	1460 x 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200				
	7	550		800	1400 x 1030	1460 x 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900
	8	630		800	1400 x 1100	1460 x 1255	1800	3700	1700	2000	4000	3450	4100	2450	6300	5100
	9	700		800	1400 x 1250	1460 x 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400
	10	800		800	1400 x 1350	1460 x 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	7100	5600
1.5	12	900		900	1600 x 1300	1660 x 1455	2050	4200	1900	2300	4400	3700	5100	3750	8100	6300
	13	1000		900	1600 x 1400	1660 x 1555	2050	4200	2000	2300	4400	3700	5450	4300	8600	6600
1.75	15	1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1570	2350	4800	2100	2600	4900	3800	6600	5100	11000	8700
				1100	2000 x 1300	2100 x 1470	2550	5200	2000	2800	5250	3750				
	18	1350		1000	1800 x 1650	1900 x 1820	2350	4800	2350	2600	4900	4150	7800	6000	12200	9500
				1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000				
	21	1600	1100	2000 x 1700	2100 x 1870	2550	5200	2400	2900	5400	4250	8500	6800	13600	10400	
				2150 x 1600	2250 x 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200					
2.0	10	800	800	1400 x 1350	1500 x 1520	2050	4200	2100	2350	4200	4100	10500	6400	8200	7300	
	12	900	900	1600 x 1300	1700 x 1470	2250	4600	2050	2550	4600	4050	12030	6650	9000	7500	
	13	1000	900	1600 x 1400	1700 x 1570	2250	4600	2150	2550	4600	4150	12800	6950	9400	8000	
	15	1150	1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700	
			1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650					
	2.5	18	1350	1000	1800 x 1700	1900 x 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7650	12200	9500
1100				2000 x 1500	2100 x 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650					
21		1600	1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400	
				2150 x 1600	2250 x 1770	2800	5700	2350	3100	5700	4800					